

Uppföljning av anläggningsprojekt

-Beräkningsstöd i anbudsprocessen

Examensarbete inom civilingenjörsprogrammet Väg och vatten

MARTIN JOHANSSON & ANDREAS STÖLLMAN

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för geologi och geoteknik
Väg och trafik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2007
Examensarbete 2007:17

EXAMENSARBETE 2007:17

Uppföljning av anläggningsprojekt

-Beräkningsstöd i anbudsprocessen

Examensarbete inom civilingenjörsprogrammet Väg och vatten

MARTIN JOHANSSON & ANDREAS STÖLLMAN

Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för geologi och geoteknik
Väg och trafik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2007

Uppföljning av anläggningsprojekt
-Beräkningsstöd i anbudsprocessen

Examensarbete inom civilingenjörsprogrammet Väg och vatten
MARTIN JOHANSSON & ANDREAS STÖLLMAN

© MARTIN JOHANSSON/ANDREAS STÖLLMAN, 2007

Examensarbete 2007:17
Institutionen för bygg och miljöteknik
Avdelningen för geologi och geoteknik
Väg och trafik
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:
Bro över Columbia River (Figur 2), Tunnel i Taiwan (Figur 5), Oviktad och viktad
indata för pålar (Figur 13), Spridning av försäljningspris i @RISK (Figur 21).

Reproservice/Institutionen för bygg- och miljöteknik
Göteborg 2007

A follow up in Civil Engineering projects
-Support for estimating in the tendering process
Master's Thesis Civil Engineering
MARTIN JOHANSSON & ANDREAS STÖLLMAN
Department of Civil and Environmental Engineering
Division of GeoEngineering
Road and traffic
Chalmers University of Technology

ABSTRACT

The general opinion amongst contractors is that for those projects that the contractor participates in the tendering process; one out of ten may be performed. Further saying is that 5-10 percent of the total contract amount can be connected to the tendering process, depending on the complexity and magnitude of the project. A great deal of money is therefore lavished in projects that may not be performed and the work for tendering turns only out to be a cost for the company. A study of 41 infrastructure projects shows that the greater part of the projects was associated with exceeding costs for more than 50 percent. With the basis of numbers mentioned above, it can be established that costs and time in projects tend to be underestimated and uncertainties in civil engineering projects therefore exists.

The purpose of this final thesis is looking into how the amount of material differs between the tendering process and the finished project. The emerged result underlies a model that will serve as a support for estimating in the tendering process. The study ends up in conclusions and directives that may decrease the uncertainty for contractors in civil engineering projects.

The survey shows that the contractor calculates the amount of material too great that may result in a high-price-tender and that some of the other parts in the tender presumably will increase. The proposed model is intended to be used in a final tender review. One of the main benefits of the model is the use of survey results for the user to fall back on.

Key words: Tender, design built, risks, uncertainties, design, price, follow up.

Uppföljning av anläggningsprojekt -Beräkningsstöd i anbudsprocessen

Examensarbete inom civilingenjörsprogrammet Väg och vatten
MARTIN JOHANSSON & ANDREAS STÖLLMAN
Institutionen för bygg- och miljöteknik
Avdelningen för geologi och geoteknik
Väg och trafik
Chalmers Tekniska Högskola

SAMMANFATTNING

Nyckelord: Anbud, totalentreprenad, risker, osäkerheter, projektering, prissättning, uppföljning.

Den allmänna uppfattningen bland entreprenörer är att ungefär var tionde projekt som entreprenören lämnar anbud på, senare får utföras. Vidare uppskattas att mellan 5-10 procent av kontraktssumman kopplas till anbudsförfarandet, beroende på projektets komplexitet och storlek. Således läggs stora summor på anbud som inte får utföras och arbetet som lagts ner på att ta fram anbudet blir därför endast en kostnad för företaget. En studie av 41 infrastrukturprojekt visar att större delen av projekten hade kostnadsöverskridanden på över 50 procent. Utifrån ovanstående siffror kan det konstateras att byggkostnader och byggtider ofta underskattas och att det därmed råder en viss osäkerhet kring anläggningsprojekt.

Syftet med denna rapport är att utreda hur mycket och varför materialmängderna i ett anläggningsprojekt skiljer sig från anbudsstadiet till färdig produkt. De resultat som framkommer ligger till grund för en modell som är tänkt att fungera som ett stöd i anbudsarbetet för bro- och tunnelprojekt. Studiens slutsatser och anvisningar kan leda till att osäkerheten för totalentreprenörer minskar vid anbudslämnande för bro och tunnelprojekt.

Efter genomförd undersökning av materialmängdernas avvikelse från anbud till färdig produkt kan det sägas att entreprenören i anbudsstadiet räknar med för stora materialmängder, vilket borde innebära att anbudet prissätts för högt och att någon annan kostnadspost dessutom borde öka i förhållande till anbudet.

Den föreslagna modellen kan användas som ett hjälpmedel vid anbudsbedömning. En av de största fördelarna med modellen är att den utnyttjar genomförd uppföljning av projekten och att den ger rekommendationer till användaren utifrån det. Modellen är tänkt att användas vid en slutlig anbudsgenomgång innan anbudet lämnas till beställaren.

Innehåll

ABSTRACT	I
SAMMANFATTNING	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	VII
1 INTRODUCTION	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och avgränsning	2
1.3 Metod	3
2 PROBLEMBESKRIVNING AV ÄMNET	4
2.1 Orsaker till mängdavvikelser	4
2.1.1 Anbudsprojektering och anbuds-kalkylering	4
2.1.2 Genomförande av projekt	6
2.2 Beslutsfattande i anbudsstadiet	9
2.2.1 Säkerhet	9
2.2.2 Risk	10
2.2.3 Osäkerhet	10
2.2.4 Beslutsfattande i framtiden	10
2.3 Metoder för riskhantering	11
2.3.1 Decision Aids in Tunneling (DAT)	11
2.3.2 Successiv kalkylering	12
2.3.3 Statistisk metod för geoekonomisk analys	12
3 BROAR OCH TUNNLAR	13
3.1 Om broar	13
3.2 Om tunnlar	15
4 BYGGPROCESSEN	16
4.1 Entreprenadformer	16
4.1.1 Totalentreprenad	16
4.1.2 Funktionsentreprenad	16
4.1.3 Utförandeentreprenad	17
4.2 Anbudsprocessen	17
4.3 Upphandling	18
4.4 Genomförande	18
5 SANNOLIKHETSLÄRA OCH STATISTIK	19
5.1 Frekvensfunktioner	19

5.1.1	Normalfördelning	20
5.1.2	Beta-fördelning	21
5.1.3	Triangelfördelning	21
5.2	Bootstrap	22
5.3	Simuleringstyper	24
5.3.1	Monte Carlo	24
5.3.2	Latin Hypercube	24
5.3.3	Val av simuleringstyp	25
5.4	Korrelation	25
6	MÄNGDUPPFÖLJNING	27
6.1	Indata	27
6.2	Metod	27
6.2.1	Nyckeltal	28
6.2.2	Viktning	29
6.2.3	Indatas kvalitet	29
6.3	Resultat	30
6.4	Diskussion och slutsatser	31
7	ENKÄTUNDERSÖKNING	33
7.1	Metod	33
7.2	Enkät - Projektering	34
7.2.1	Faktorer för en lyckad projektering	34
7.2.2	Kommentarer	34
7.2.3	Slutsatser	35
7.3	Enkät - Produktion	36
7.3.1	Faktorer för lyckad produktion	36
7.3.2	Kommentarer	36
7.3.3	Slutsatser	37
7.4	Enkät - Korrelation	37
7.4.1	Kommentarer	38
7.4.2	Slutsatser	38
8	STÖD I ANBUDSPROCESSEN	39
8.1	Målsättning	39
8.2	Metod	39
8.3	Anbudskalkylens uppbyggnad	40
8.3.1	Direkta kostnader	40
8.3.2	Allmänna kostnader	42
8.3.3	Centrala administrativa kostnader	42
8.3.4	Självkostnad	42
8.3.5	Risker, Möjligheter, Inköp, Index och Vinst	43
8.3.6	Försäljningspris	43

8.4	Anpassning till modell	43
8.4.1	Triangelfördelning	44
8.4.2	Samband i modellen - Korrelation	47
8.5	Från indata till fördelningsfunktion	48
8.5.1	Triangelfunktionens tyngdpunkt	48
8.5.2	Anpassning av gränser a och c	49
8.6	Hjälp i modellen	49
8.7	Modellens utseende	50
8.8	Simulering	52
8.9	Resultat	53
8.9.1	Simulering	53
8.9.2	Användarmanual	54
8.10	Diskussion och slutsatser	54
8.10.1	Korrelation $r = 0$	56
8.10.2	Korrelation $r = 0,75$	56
8.10.3	Kommentar	57
9	DISKUSSION	58
10	SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER	60
11	REFERENSER	61
12	APPENDIX	65
12.1	Appendix 1-Indata	65
12.2	Appendix 2 - Oviktad indata	81
12.3	Appendix 3 - Viktad indata	86
12.4	Appendix 4-Indata över oviktade och viktade värden	91
12.5	Appendix 5 - Bootstrap resampling	96
12.6	Appendix 6-Enkäter	102
12.7	Appendix 7 - Utvärdering av svar	105
12.7.1	Projektering	105
12.7.2	Produktion	107
12.7.3	Korrelation	109
12.7.4	Appendix 8 - Härledningar	111
12.8	Appendix 9 – Övre - Undre gräns	115
12.9	Appendix 10 - Diagram	117
12.10	Appendix 11-Marand	120
12.11	Appendix 12-Användarmanual	122

Förord

Genomförd studie har varit den avslutande delen av vår civilingenjörsutbildning vid Chalmers Tekniska Högskola. Rapporten är skriven för Institutionen för bygg- och miljöteknik, avdelningen för geologi och geoteknik och arbetet har utförts i samarbete med Skanska Sverige AB. Under studien har vi erhållit hjälp och stöd av flertalet personer som vi skulle vilja tacka:

-Gunnar Lannér, vår handledare och examinator vid Chalmers tekniska Högskola, för goda råd och tips.

-Per-Ola Svahn, handledare på Skanska, för ett gott stöd och goda råd, samt givande diskussioner för rapportens fortlöpande.

-Anders O Johansson, handledare på Skanska och initiativtagare till detta examensarbete, för ett gott stöd och goda råd för rapportens fortlöpande.

-De personer som besvarade enkäten, för den tid som de avsatte.

-Personal på Väg och Anläggning Väst Göteborg, som skapat en trevlig och positiv arbetsmiljö.

-Övriga som på något sätt kommit med idéer och tips till denna studie.

Göteborg februari 2007

Martin Johansson

Andreas Stöllman

1 Introduktion

Byggbranschen är en konkurrensutsatt marknad med många aktörer både på den lokala och på den globala marknaden, vilket gör den känslig för felsteg och misstag. Då anläggningsbranschen i allmänhet och bro- och tunnelprojekt i synnerhet kännetecknas av små vinstmarginaler kan fel få stora konsekvenser för ett projekts ekonomiska utfall.

Merparten av dagens större bro- och tunnelprojekt i Sverige genomförs som totalentreprenader (Nordstrand 2000). Denna typ av projekt är ofta stora och komplicerade, varför det sällan finns varken tid eller pengar att projektera en bro i detalj före anbudslämnade. Hassel (2004) uppskattar att beroende på projektets komplexitet och storlek kan mellan 5-10 procent av kontraktssumman kopplas till anbudsförfarandet. Den allmänna uppfattningen bland entreprenörer är att ungefär var tionde projekt som entreprenören lämnar anbud på, senare får utföras. Således läggs stora summor på anbud som inte får utföras och arbetet som lagts ner på anbudet blir därför endast en kostnad för företaget.

En studie av 41 infrastrukturprojekt (broar och tunnlar inkluderade) visar att större delen av projekten hade kostnadsöverskridanden på över 50 procent (Kastberg 1994 i Isaksson 2003). Enligt Jagrén (2004) är andelen byggprojekt, som resulterar i budgetöverskridanden, drygt 70 procent och andelen byggprojekt, som resulterar i förseningar, är ca 70 procent.

1.1 Bakgrund

Av ovanstående siffror kan konstateras att byggkostnader och byggtider ofta underskattas och att kostnaderna ofta ökar under projektens gång. Isaksson (2003) menar att detta visar på möjliga brister hos beräkningsmetoder som i dagsläget används i anbudsstadiet. Vidare konstaterar Isaksson (2003) att ju tidigare en beräkning är gjord desto större är risken för kostnadsöverskridanden.

Beräkning av anbudspris sker idag deterministiskt, vilket innebär att endast ett värde för indata används och att de variationer och osäkerheter som förekommer inte beaktas i anbudsberäkningarna, oavsett vilka antaganden som har gjorts. Isaksson (2003) menar att detta kan vara en anledning till att det är så vanligt att tider och kostnader underskattas i anbudsskedet.

1.2 Syfte och avgränsning

Syftet med denna rapport är att utreda hur mycket materialmängderna i ett anläggningsprojekt skiljer sig från anbudsstadiet till färdig produkt. I rapporten ingår även att utforma en modell som ska kunna fungera som ett stöd i anbudsarbetet för bro- och tunnelprojekt. Modellen ska baseras på de resultat som framkom i studien om materialmängdernas avvikelser. Vidare ska rapporten ge en allmän bild av den komplexitet som råder kring anbudsförfarandet idag och varför avvikelser i materialmängder uppkommer. Studien ska mynna ut i slutsatser och anvisningar som kan leda till att minska osäkerheten för totalentreprenören vid anbudslämnande för bro och tunnelprojekt.

Rapporten kommer endast att behandla broar och tunnlar av betong. Projekten som ligger till grund för studien är alla utförda som totalentreprenader av en entreprenör, men mängdberäkningarna som ligger till grund för anbudet är utförda av konstruktionskonsulter från olika företag. Mängd avvikelserna som har studerats kommer endast att beröra pålar, betong och armering, då dessa parametrar anses vara gemensamma för alla projekt. På så sätt möjliggörs en jämförelse mellan materialslagen.

I studien ingår endast de projekt där mängd avvikelser beror på brister i överslagsberäkningen i anbudsskedet. Projekt där mängdskillnader beror på andra orsaker, så som ändrad produktionsmetod, geotekniska avvikelser, ändrat lastfall, har valts bort.

1.3 Metod

Vi har valt att dela upp rapportens analys i tre huvudsakliga delar, mängduppföljning, enkätundersökning och modell.

Analysens första del, mängduppföljningen, ska utreda hur stora materialmängdernas avvikelser är från anbud till färdig produkt. För att kunna ta reda på detta har en mängd data från genomförda bro- och tunnelprojekt samlats in. Materialmängderna delades in i pålar, betong samt armering och respektive materialslag hänfördes vidare till brons under- eller överbyggnad. På så sätt möjliggjordes en jämförelse projekten emellan. Datamängderna som samlades in sorterades efter ovanstående kriterier. Projekt som föll utanför avgränsningarna förkastades.

För att kunna få en mer fullständig förklaring till varför anbudet inte överensstämmer med slutlig produkt genomfördes en enkätundersökning. Undersökningen bestod av tre enkäter. De första två enkäterna behandlade orsaker till mängd avvikelser. Den tredje enkäten behandlade samband mellan broars respektive tunnars olika konstruktionsdelar.

Uppföljningen av materialmängdernas avvikelse har använts för att utforma en modell som är tänkt att fungera som ett beräkningsstöd vid anbuds lämnandet. Den statistiska kalkylmodellen som är utvecklad i Excel-miljö ska, genom att definiera de variationer i bland annat materialmängder, illustrera den osäkerhet som ett anbuds försäljningspris besitter.

För att få förståelse om ämnet har vi inhämtat information från:

- En allmän genomgång med personer med erfarenhet av bro- och tunnelprojekt.
- Litteraturstudier av publikationer, rapporter, artiklar m.m.
- Intervjuer med Aila Särkkä (Docent, Matematisk statistik, Chalmers) och Claes Alén (Bitr. professor avd. geologi och geoteknik, Chalmers)

Rapporten inleds med att beskriva den komplexitet som anbudsprocessen är förenad med. Därefter följer grundläggande teoriavsnitt om broar och tunnars uppbyggnad, byggprocessen samt ett allmänt avsnitt om den statistik som tillämpas i den efterföljande analysen. Rapporten avslutas med diskussion samt slutsatser och rekommendationer.

2 Problembeskrivning av ämnet

Anbudsstadiet är en period där många faktorer som har inverkan på projektets slutresultat bara delvis är kända. Ändå fattas många avgörande beslut i detta tidiga skede.

I detta kapitel beskrivs orsaker till mängd avvikelser samt under vilken grad av osäkerhet som beslut kan fattas i anbudsstadiet. Kapitlet innehåller även ett avsnitt om metoder för att hantera risker.

2.1 Orsaker till mängd avvikelser

Avvikelser förekommer alltid mellan anbudsstadium och färdig produkt, frågan är bara hur stora de är. Enligt Josephson (1994) kan drygt tio procent av ett projekts totalkostnad härledas till fel som uppkommer under projektets gång. Detta inkluderar fel som uppkommer i projekteringsskedet, produktionsskedet och därtill kommer kostnader för att rätta till fel under förvaltningsskedet. Orsaken till felens uppkomst kan vara många, men enligt Matousek (1985) i Josephson (1994) är 75 procent av felet och 90 procent av kostnaden orsakade av den mänskliga faktorn.

Det kan finnas många faktorer som påverkar hur väl en anbudskalkyl stämmer överens med ”verkligheten”, (d.v.s. hur väl de kostnader och mängder som beräknats i anbudet stämmer överens med den slutliga produktens mängder och kostnader). Olika skeden i byggprocessen påverkas av olika faktorer, för att försöka kartlägga dem har byggprocessen delats upp i anbudsprojektering och anbudskalkylering, samt genomförande av projekt. Följande stycke utgörs av litteraturstudier, men författarnas egna åsikter förekommer också.

2.1.1 Anbudsprojektering och anbudskalkylering

Projekteringen anges som den fas där de flesta felet uppstår. De fel som uppträder under projekteringsskedet kan minskas, men för att lyckas med det krävs kunskap om varför felet uppstår (Josephson 1994). I anbudsstadiet kan det vara svårt för entreprenören att i förväg bedöma kostnader för ett stundande projekt då inte alla förutsättningar är givna, exempelvis objektets exakta utformning, vid det här tillfället. Flera av faktorerna som har en inverkan på projekteringen beskrivs nedan.

Indata

Hansson & Nilsson (2003) påpekar att då projektets utformning inte är helt bestämd kan det råda osäkerhet om indatas tillförlitlighet, speciellt då det handlar om en ny produkt, till exempel en ny brouformning. Det kan också råda osäkerhet på grund av att ett projekts kostnader sällan går att bestämma exakt i förväg. Det faktum att varje projekt är unikt innebär att innehållet i förfrågningsunderlaget som ligger till grund

för varje konsults kostnadsberäkning och anbudspris, skiljer sig från fall till fall. Förfrågningsunderlaget kan i vissa fall utgöras av ritningar, men ibland bara av grundläggande mått och dimensioner eller ett antal funktionskrav. Om byggherren inte besitter den kompetens som är lämplig i sammanhanget kan det resultera i orimliga funktionskrav som kan leda till en konstruktion med låg byggbarhet. Ju mindre information som finns i förfrågningsunderlaget desto större osäkerhet medför detta i anbudsräknandet. Om beställaren tydligt har specificerat de funktionskrav som skall vara uppfyllda, minskar osäkerheten (Håkansson et al, 2006).

Tid och Ekonomi

Ofta utförs en anbudskalkyl med begränsade tids- och kostnadsramar på grund av att det finns ett definitivt slutdatum då anbudet ska lämnas in. För att hinna lämna in ett väl genomarbetat anbud med så få osäkerheter som möjligt krävs fler mantimmar. En väldetaljerad kalkyl blir alltså dyrare att arbeta fram, trots att det inte finns några garantier att projektet får utföras. Entreprenören kan bedöma att det är allt för riskabelt att lägga mycket resurser och pengar på ett anbud som ändå inte kommer att få utföras, vilket medför att maximal noggrannhet inte erhålls.

Felaktigheter i anbudskalkylen

Kalkyler bygger till stor del på genomförda konstruktionsberäkningar samt erfarenhet, då exempelvis materialmängder uppskattas. Det kan finnas brister i kalkylen som gör att de uppskattade mängderna i anbudet inte motsvarar de mängder som slutligen används i produktionen. De enhetstider som används i kalkylen är baserade på tidsstudier. Dessa tidsstudier gjordes för många år sedan och har bara delvis blivit uppdaterade och omarbetade sedan dess. De enhetstider som används vid anbudsförfarandet idag grundar sig främst på den erfarenhet kalkylatorn besitter och är eventuellt inte helt exakta. Nya produktionsmetoder och arbetssätt kan bidra till att enhetstiderna som används i anbudskalkylen inte fullständigt stämmer överens med verkligheten.

Erfarenhet

Många kalkylatorer och konstruktörer bygger sina beräkningar på erfarenhet samt "egna" personliga tankesätt och beräkningsmetoder, vilket innebär att en anbudskalkyl beräknas på olika sätt utifrån den erfarenhet kalkylatorn respektive konstruktören besitter från tidigare projekt. Erfarna projektörer har bättre kunskap om anbudets komplexitet och risken för misstag och felbeslut är mindre jämfört med en oerfaren projektör. En anbudskalkyl utförs inte på samma sätt varje gång, dels beroende på just erfarenhet men även beroende på inom vilket företag eller vilken region verksamheten bedrivs och vem i företaget som har lärt upp kalkylatorn.

Motivation

Om ett projekt anses vara viktigt, det vill säga att det egna företaget erhåller stor publicitet, om det skapar många anställningstillfällen, om projektören personligen anser att det specifika projektet är extra intressant, m.m., läggs mer tid och resurser på anbuds-kalkylen vilket leder till att den blir noggrannare utförd och förmodligen stämmer bättre överens med utfallet. Det finns å andra sidan också en risk att en alltför stor drivkraft att ta hem ett uppdrag innebär att projektören (omedvetet) bortser från uppenbara risker.

Psykologiska faktorer

Omedvetet eller medvetet kan en viss form av rädsla eller osäkerhet infinna sig för att räkna fel på ett projekt. För den enskilde konstruktören eller kalkylatorn kan det kännas bättre att ha lite tillgodo på de mängder som beräknats än att de är i underkant i förhållande till "verkligheten". Eftersom för stora mängder inte leder till ett eventuellt negativt resultat för projektet, slipper konstruktören eller kalkylatorn i sin tur få kännbar kritik. Däremot innebär för stora mängder att företaget blir mindre konkurrenskraftigt vid upphandling i förhållande till andra företag och av den anledningen kan bli utan projekt att genomföra.

Felberäkningar

Kalkylatorer och konstruktörer är människor, d.v.s. de är inte felfria. Slarvfel och tankefel som saknar förklaring kan förekomma. Dessa fel kan påverka anbuds-kalkylen, vilket resulterar i att det tas fram mängdförteckningar som är felaktiga. Enligt FIDIC (1994) i Håkansson et al (2006) är det den mänskliga faktorn, inte fel i bärande konstruktioner eller dylikt, som står för omkring 90 procent av alla tekniska brister.

2.1.2 Genomförande av projekt

Under byggproduktionen kan nya förutsättningar uppstå, som vid anbuds-förfarandet inte togs i beaktande och som leder till att anbuds-kalkylen inte överensstämmer med färdig produkt. Detta kan exempelvis innebära att uppskattningen av projektets tider och mängder blir felaktig.

Motivation

Arbetarnas motivation är en parameter som det är svårt att ha kännedom om. Det finns en rad faktorer som kan påverka yrkesarbetarnas och tjänstemännens moral och arbetsvilja. Övertid, helgjobb, förkortad semester, ogynnsamma arbetsförhållanden

o.s.v. kan leda till att produktionen under en kortare period inte fortskrider som den ska, vilket leder till att en del arbetsmoment tar längre tid än beräknat.

Tid

Att kartlägga hur stor del av en yrkesarbetares tid som är effektiv produktionstid är svårt, då denna kan variera från person till person och beroende på vilken typ av projekt som utförs. Josephson & Saukkoriipi (2005) menar att 33,4 % av arbetstiden är rent slöseri, i detta är väntan, outnyttjad tid och avbrott inkluderade där enbart väntan utgör 23 %. Motsvarande siffra för maskiner innebär ett slöseri på 2-5 % av projektets produktionskostnad.

Korrigerande av fel

Vanligt förekommande är att fel uppkommer på byggarbetsplatsen, antingen upptäcks de under produktionen eller vid en besiktning. Att korrigera fel kräver både tid och material. Kostnaden för att korrigera dessa fel uppskattas av Josephson & Saukkoriipi (2005) till ca 10 % av projektets kostnad eller ca 3,5-6,5 % av projektens produktionskostnad.

Leveranser

Det optimala för ett företag är att få leveranser av material precis innan materialet ska användas, s.k. just in time. På så sätt kan onödig lagring av materialet på arbetsplatsen undvikas och samtidigt reduceras risken för stölder eller att materialet blir förstört. Nackdelen med ett snävt leveransschema är att om det uppstår förseningar kan det leda till att produktionen försenas eller i värsta fall måste stoppas under en period.

Materialspill

Materialspill förekommer i någon form i alla byggprojekt och kan delas i två olika grupper, drifttillskott och arbetsplatstillskott. Drifttillskottet består av sådant material som blir över då byggmaterialet måttanpassas på arbetsplatsen (Friblick 2003). På senare år har byggbranschen blivit mycket bättre på industrialisering och prefabricering, varför drifttillskottet har minskat.

Till arbetstillskottet räknas olika slags materialskador, material som blir över då ett arbetsmoment är slutfört, samt stölder och förskingring. Stölder på byggarbetsplatsen är ett stort problem då det stulna materialet kan orsaka produktionsstörningar som får långt större ekonomiska konsekvenser än endast värdet på materialet som har stulits. Summan av slöseriet orsakat av stölder uppskattas till 1-1,5 % av ett projektets produktionskostnad (Josephson & Saukkoriipi 2005).

Vid prissättning av material måste kalkylatorn komma ihåg att det går åt mer material än uppmätta nettomängder. Hur stor spillandelen är, skiljer sig mycket mellan olika materialslag och olika projekt, men någonstans mellan 5-30 % är inte ovanligt (Produktionsstyrning på bygget 1995). Enligt Josephson & Saukkoriipi (2005) är motsvarande siffra 4-12 % av totala materialkostnaden.

Kompetens och erfarenhet

Beroende på vilket kunnande och vilken erfarenhet som byggarbetarna besitter varierar utförandetiden för olika delar av projektet. Ett arbetsmoment kan ta längre tid att utföra för en oerfaren yrkesarbetare än för en erfaren. När entreprenören räknar på projektet är det inte alltid känt vilka yrkesarbetare som kommer vara engagerade i just det här projektet, därför är det svårt för anbudsräknaren att uppskatta tidsåtgången. Förmodligen är denna tidsvariation av mindre betydelse, men kan ändå bli kännbar om projektörer överskattar byggarnas förmåga och färdighet i produktionen för ett specifikt projekt.

Frånvaro

Sjukdomar och skador medför bortfall av arbetskraft som kan leda till att produktionen försenas. I byggbranschen är det 50 % vanligare med arbetsskador än i övriga näringslivet vilket gör att den effektiva arbetstiden sjunker ytterligare. Slöseri kopplat till arbetsrelaterade sjukdomar och skador utgör ca 12 % av projektets produktionskostnad (Josephson & Saukkoriipi 2005).

Väder

Vädret är en parameter som det är svårt att ha kännedom om. Årstiden för byggnationen är visserligen känd, men exakt under vilka förutsättningar som byggnationen kommer att ske är ovisst. Dåligt väder påverkar byggtakten avsevärt, regn och snö gör att en del arbetsmoment tar betydligt längre tid att utföra än vad de gör under mer fördelaktiga förhållanden, förekommer tjäle blir det exempelvis betydligt svårare att utföra markjobb. Vädret går inte att styra, varför det är svårt att exakt uppskatta tidsåtgången för olika arbetsmoment.

Optimering

Det finns inga garantier för att en sänkning av produktionskostnaderna erhålls, då en konstruktion optimeras i detaljprojekteringen. Då exempelvis armeringen i en betongkonstruktion optimeras ökar utförandekostnaderna, eftersom armeringens utformning blir mer komplicerad och tar då längre tid att utföra.

Incitamentsavtal

Ett incitamentsavtal innebär en drivkraft för entreprenören d.v.s. att det lönar sig att bygga till en låg kostnad samtidigt som det straffar sig att bygga för dyrt. Om byggkostnaden underskrids delar entreprenör och byggherre på besparingen enligt en överenskommen proportion och om kostnaden överskrids delar de på den. Dessa avtal används ofta vid tidig upphandling (upphandling sker då utformningen inte är fullständigt klarlagd) då det kan vara svårt för entreprenören att lämna ett fast pris utan att utsätta sig för alltför stor risk (Nordstrand 2000).

Om det förekommer incitamentsavtal kan pengar sparas genom att minimera mängder. För att uppnå detta måste entreprenören vara mer noggrann än vanligt, vilket kan få till följd att avvikelserna från anbudsmängderna blir större, men de kan även bli mindre om en felberäkning föreligger.

Ändrade förutsättningar

I byggprojekt händer det att vissa förutsättningar ändras under projektets gång, t.ex. kan lastfallet, som överslagsberäkningarna utgår ifrån, ändras, de geotekniska förutsättningarna kan avvika från de som kalkylen grundas på eller att produktionsmetoden ändras.

2.2 Beslutsfattande i anbudsstadiet

Då ett anbud skall utformas är det alltid nödvändigt att fatta en rad beslut. Om den uppkomna situationen har förekommit tidigare blir beslutsfattandet betydligt lättare än om situationen uppkommer för första gången. Beslut kan fattas med olika grad av säkerhet beroende på mängden information som beslutsfattaren förfogar över, förutfattade meningar, ignorans, bristande kunskap etc. Oavsett rådande situation kommer någon form av osäkerhet alltid att finnas. För att erhålla en rättvis behandling av de anbud som deltar i anbudslämnandet skall, enligt AF AMA, förfrågningsunderlaget i ett anbud alltid vara kalkylerbart. AF AMA definierar tre situationer i anbudsskedet under vilka kalkylering kan ske (Söderberg, 2005):

-Säkerhet

-Risk

-Osäkerhet (Hasard)

2.2.1 Säkerhet

När ett beslut till 100 procent är klarlagt och full visshet kring utfallet råder, kallas detta för säkerhet (Andersson 1997). Med kalkylering under säkerhet menas i allmänhet relativ säkerhet, ytterst få situationer är absolut säkra. En grundläggande förutsättning för att kunna utföra kalkylering under säkerhet, är att entreprenaden är

noggrant projekterad. För denna typ av arbeten är det i stort sett anbudsgivaren som bestämmer med vilken grad av säkerhet denne vill kalkylera med, beroende på hur stora kostnader anbudsgivaren vill lägga ner för att ta fram ett anbud. Om mycket tid och pengar läggs på anbudet ökar noggrannheten och kontraktssumman blir mer precis, nackdelen är att det blir en stor kostnad för entreprenören om entreprenaden inte får utföras (Söderberg 2005).

2.2.2 Risk

”Med en risk menas faran för att en slumpmässig händelse negativt skall påverka möjligheten att nå ett uppställt mål” skriver Hamilton (1996). Den uppkomna risken kan antingen betraktas som ett hot eller som en möjlighet och till viss del ligger det i betraktarens öga att avgöra till vilket av de två fallen som risken hör.

Då möjliga utfall av ett beslut är kända och med vilken sannolikhet de kommer att inträffa, benämns det som en risk (Andersson 1997). Med kalkylering under risk menas kalkylering under hänsynstagande till känd eller bedömbart sannolikhetsfördelning. Vädret kan vara en faktor som gör att kalkylerandet sker under risk. Andra faktorer kan vara ett nytt broutförande, dålig uppföljning av tidigare projekt o.s.v. (Söderberg 2005).

2.2.3 Osäkerhet

Om tänkbara utfall för en händelse är kända, men inte dess sannolikhet, råder osäkerhet (Andersson 1997). Med kalkylering under osäkerhet menas sådana fall där varken kostnader eller sannolikheter är kända.

När anbud baseras på kalkyler utförda under osäkerhet kan utfallet hamna mellan två ytterligheter:

1. Entreprenören garderar sig så kraftigt i sitt anbud att arbetet blir dyrare än om det skulle ha skett på löpande räkning, det vill säga under projektets gång.
2. Entreprenören underskattar den risk som projektet är förenat med och gör en stor förlust på arbetet, vilket kan få konsekvenser för de anställda i företaget, men även påverka framtida anbudspriser till andra beställare (Söderberg 2005).

Enligt ovanstående definitioner för osäkerhet har AF AMA gett föreskrifter, som vid fast pris skall undvika risktagande under osäkerhet (hasard), det vill säga kalkylering under risk inte är att föredra.

2.2.4 Beslutsfattande i framtiden

Utifrån ovanstående definitioner kan det konstateras att kalkylering i dagsläget, för bro- och tunnelprojekt i anbudsskedet, sker under risk eller osäkerhet. Eftersom kalkylering under osäkerhet inte är att föredra och kalkylering under risk är svår att

frånga måste åtgärder vidtas. För att minska osäkerheten i anbudsskedet och få en någorlunda riktig bedömning av framtiden är en uppföljning av tidigare genomförda projekt nödvändig. Riskanalyser är en form av subjektiva bedömningar där information från tidigare projekt används och där dessa bedömningar ligger till grund då beslut skall fattas. Om sannolikheten för olika tänkbara utfall kan bestämmas kommer kalkylering i anbudet övergå från osäkerhet till att utföras under risk vilket medför att det blir lättare att prissätta projekten (Ahlenius 1999). Det kan i princip hävdas att ju mer osäkerhet och risk som beställaren för över på entreprenören, desto mer får beställaren betala (Håkansson et al 2006).

2.3 Metoder för riskhantering

Det finns i dagsläget ett flertal sätt att hantera risker i anbudsskedet. Vanligt är att det görs erfarenhetsbaserade påslag till de genomförda beräkningarnas osäkerhet, eller så räknas det medvetet med marginaler på ”säkra sidan” (Håkansson et al, 2006). Problemet med de flesta sätt att kalkylera är att hantera de osäkerheter som ett projekt är förenat med på ett korrekt och systematiskt sätt. Vilket sätt som är bäst lämpat beror på de specifika förutsättningar som råder för aktuellt projekt.

Metoder som bygger på statistik och slumpantalssimuleringar exempelvis Monte Carlo-simulering, kan göra det enklare att uppskatta de effekter som kan tänkas uppkomma av ett beslut. Nackdelen är att omfattande beräkningar måste utföras, som dock lätt kan genomföras med hjälp av dator (IVF 2002).

Nedan beskrivs tre olika metoder för riskhantering. De tre metoderna används vid anläggningsprojekt och bygger på statistiska principer.

2.3.1 Decision Aids in Tunneling (DAT)

DAT utvecklades på 1970-talet och har tillämpats på tunnelprojekt i Schweiz, Italien och Frankrike. Syftet med DAT är att identifiera alla osäkerheter som kan påverka en tunnelkonstruktion. Dessa osäkerheter kan bero dels på geotekniska förutsättningar och dels på konstruktionsmetoden. Kärnan i metoden är att osäkerheterna ska gå att kvantifiera (Dudt 2006).

DAT-metoden beaktar variationen hos indata, dels beroende på tekniska variabler, som exempelvis kapaciteten för olika arbetsmoment, dels sannolikhetsbaserade variabler såsom oväntade misstag, exempelvis stillestånd för oplanerat underhåll (Isaksson 2003). Målet är att omsätta osäkerheterna i en kostnads- och tidsspridning, tidplan och materialflödesdiagram. Resultatet av detta ska utgöra en grund för en riskanalys.

DAT kan behandla alla osäkerheter som kan kvantifieras och kan användas av flera parter under alla steg i ett tunnelprojekt (Dudt 2006). Inverkan av oönskade händelser beaktas inte i DAT-beräkningar, exempelvis händelser som orsakar en störning i tunnelbyggarprocessen och som får fortlöpande konsekvenser för hela byggprojektet tas inte hänsyn till (Isaksson 2003).

2.3.2 Successiv kalkylering

Metoden för successiv kalkylering bygger på ett arbetssätt där projektets osäkerheter och generella villkor identifieras. Projektet bryts ned i lämpliga delar och varje kalkylpost kostnadsbedöms utifrån tre tänkbara scenarier; minsta, mest troliga och största värde. Eftersom den tillgängliga informationen om projektets förutsättningar är mycket begränsad i förstudieskedet görs kostnadsbedömningarna utifrån ett tänkt scenario och alla kalkyldelar summeras slutligen till en totalsumma med en sammanvägd total osäkerhet (Banverket 2006). Den kalkylpost som har den största variansen bidrar till störst osäkerhet i kalkylen och måste av den anledningen beräknas noggrannare. Förbättringen leder till att den totala osäkerheten för projektet minskas och den successiva processen fortsätter så långt att en acceptabel osäkerhet för det aktuella projektet uppnås. Det statistiska betraktelsesättet i metoden baseras på två antaganden:

Första antagandet säger att det inte går att ange exakta värden för framtida kostnader. Detta innebär att de subjektiva bedömningarna behandlas med statistiska regler som gäller vid normal statistik. Det andra antagandet förutsätter att variablerna är statistiskt oberoende. Den statistiska säkerheten för det totala medelvärdet av totalsumman ökar med antalet element. För att erhålla god noggrannhet är 30-60 element tillräckligt (IVF 2002).

Successiv kalkylering har visat sig vara användbar vid alla tillfällen då ett totalvärde utifrån ett flertal osäkra parametrar ska bestämmas. Metoden är enkel att tillämpa, kräver få indata och litet beräkningsarbete, vilket gör den lämpad att användas vid kostnadsberäkningar på konceptstadiet (IVF 2002).

2.3.3 Statistisk metod för geoeconomisk analys

I Viberg et al. 2002, beskrivs en metod för statistiskt baserad beräkning av kostnader för masshantering och jordförstärkningsåtgärder för järnväg i tidiga planeringsskeden.

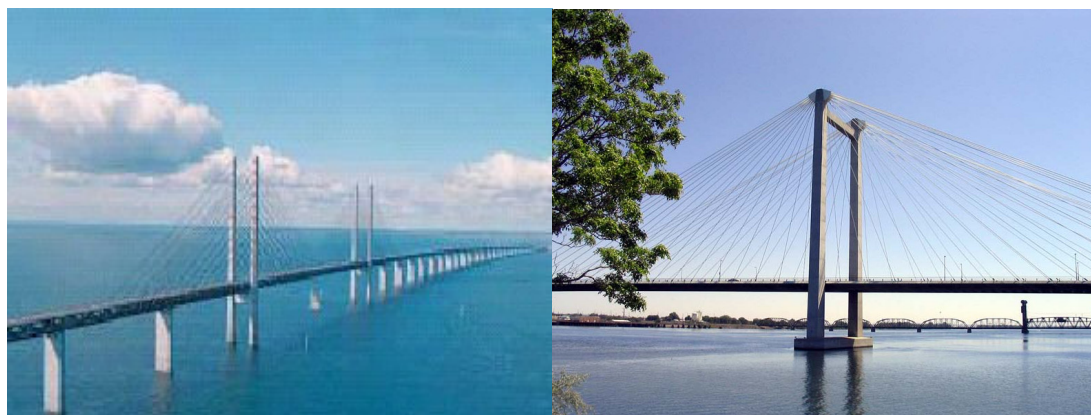
Indata för metoden utgörs dels av befintlig information och dels av nya provtagningar. Informationen om de geologiska och geotekniska egenskaperna bedöms med hjälp av erfarenhet. Egenskaper med liten variation har angivits som konstanter, medan för övriga parametrar har sannolikhetsfördelningar uppskattats. Samtliga fördelningar har vid beräkningarna antagits vara triangulära. Gränserna för fördelningarna har bestämts genom att troligt, största och minsta värde för parametern har uppskattats. Osäkerheten återspeglas i intervallbredderna – ju större osäkerhet desto bredare intervall. I den geotekniska analysen har variablerna antagits vara oberoende. Eventuella beroenden mellan variabler kan dock hanteras genom att graden av beroende (korrelationskoefficienten) anges.

För beräkningarna har programmet Crystal Ball använts där beräkningarna utförs i Excel-miljö. Beräkningarna utförs genom att slumpgeneratoren i Crystal Ball väljer ett värde från varje angiven fördelning och genomför därefter en beräkning. Metoden kallas vanligen Monte Carlo-simulering. Resultatet av beräkningarna visas i form av frekvensfördelningar vilka sedan utgör underlag för dimensionering av förstärkningsåtgärder.

3 Broar och tunnlar

Följande kapitel beskriver övergripande broars och tunnlar uppbyggnad. Stycket är tänkt att ge grundläggande förståelse och kännedom om elementära begrepp.

3.1 Om broar



Figur 1. Öresundsbron

Figur 2. Bro över Columbia River

Enligt Vägverket (1996) definieras en bro som en konstbyggnad med en fri öppning större än 2,0 meter i största spannet.

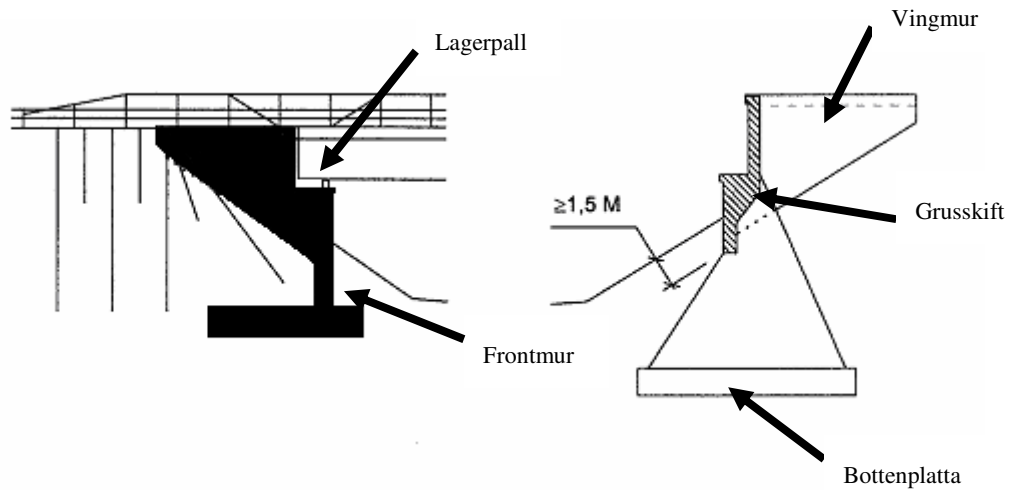
Med hänsyn till en bros användningsområden kan den delas in efter olika kriterier; vägbro, järnvägsbro samt gång- och cykelbro. Materialet i huvudbärverket som konstruktionen består av avgör till vilken brotyp den ska tillhöra; stålbro, betongbro, stenbro, träbro och aluminiumbro.

Huvuddelen av dagens brobestånd utgörs av betongbroar, där rambroar i betong är den vanligaste brotypen i Sverige. Av de broar som Vägverket ansvarar för är ca 70 procent byggda i betong, ca 25 procent i stål och ca 5 procent i sten (Vägverket 2001).

En bro kan delas in ytterligare med hänsyn till konstruktionens verkningssätt; plattbroar och balkbroar, samverkansbro, rörbroar, bågbroar, fackverksbroar samt snedkabel- och hängbroar. Samverkansbro, där stål balkar samverkar med en farbana i betong, är idag den vanligaste brotypen för större broar i Sverige.

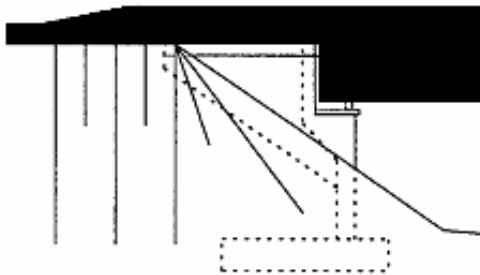
Varje bro, oavsett brotyp och utseende, kan delas in i över- och underbyggnad. Överbyggnaden har till uppgift att ta upp lasten i huvudbärverket (t.ex. balkar eller platta) och sekundärbärverket (t.ex. brobaneplatta mellan balkar). Underbyggnaden ska i sin tur överföra belastningarna från överbyggnaden till grunden. Om dåliga grundläggningsförhållanden råder, förstärks grunden på något sätt, vanligtvis av pålar, för att sprida ut lasterna i jorden.

Till underbyggnad (UB) hör de delar av bron som är belägna nedanför lager eller pelaröverkant och ned till och med underkant bottenplatta. Exempel på delar som ingår i underbyggnad är grusskift, mellanstöd, stödmur, vingmur (om dessa är fastgjutna i frontmur) och pålelement, se Figur 3.



Figur 3. Brons underbyggnad är svartmarkerad

Till överbyggnad (ÖB) hör de delar av bron som är belägna ovanför pelaröverkant, t.ex. platta och balkar, se Figur 4. Ändskärm med tillhörande vingmurar räknas som överbyggnad (Vägverket1996).



Figur 4. Brons överbyggnad är svartmarkerad

3.2 Om tunnlar

En tunnel är enligt Vägverket (2004) en för trafik anordnad passage som omges av berg, jord eller konstruktioner och som mynnar i dagen eller som förbinder utrymmen under mark med varandra eller med dagen. Med en tunnel avses såväl trafikutrymmen samt övriga utrymmen och anordningar som erfordras för trafiktunnelns bestånd, brukande och underhåll.



Figur 5. Tunnel i Taiwan

En tunnel består av flera olika delar, där en undergrund tar upp laster som överförs från grundkonstruktionen. Tunneln är uppbyggd av ett bärande huvudsystem bestående av anläggningsdelar inklusive berg och jord som nyttjas för att säkerställa tunnelns bärförmåga, stadga och beständighet. Till bärande huvudsystem räknas även fribärande trafikbelastade anläggningsdelar (Vägverket 2004).

4 Byggprocessen

Kapitlet har till syfte att ge en inblick i hur byggprocessens uppbyggnad och olika steg samt på vilket sätt entreprenören deltar i anbudsprocessen, från anbudsannonsering till avslutad produktion. Kapitlet inleds med att beskriva olika entreprenadformer som kan vara aktuella vid ett byggprojekt. Dessutom beskrivs byggprocessens olika skeden.

4.1 Entreprenadformer

Då byggprojekt utförs finns en rad olika entreprenadformer som kan gälla. De projekt som rapporten behandlar är alla utförda som totalentreprenad. Nedan beskrivs den samt ytterligare två entreprenadformer.

4.1.1 Totalentreprenad

Ett byggprojekt kan utföras på en mängd olika sätt och i olika entreprenadformer. Huvudsakligen utförs dagens bro- och tunnelprojekt som totalentreprenader. Entreprenadformen innebär att byggherren endast har ett enda avtal, som omfattar såväl projektering som uppförande av byggnaden (Söderberg 2005). I Sverige är det Allmänna Bestämmelser för Totalentreprenader, ABT, som utgör standardavtalet för denna typ av projekt. En grundprincip är att den part som tillhandahållit uppgifter ansvarar för riktigheten av dessa (Håkansson et al 2006). Vid felaktigheter och brister i projektet räcker det för byggherren att endast vända sig till totalentreprenören för åtgärdande, detta gäller såväl fel i projektering som utförande (Söderberg 2005).

Tunnelbyggen och många andra anläggningsprojekt präglas av att vissa förutsättningar, för att välja den bästa tekniska lösningen, blir kända först under arbetenas gång. Ett fullständigt klarläggande redan i förfrågningsunderlaget skulle ställa sig oproportionerligt tidskrävande och dyrt för entreprenör samt byggherre (Håkansson et al 2006).

I anbudsstadiet är en totalentreprenad mer kostnadskrävande än exempelvis en ren utförandeentreprenad eftersom det även ingår att ta fram handlingar för projektet. Eftersom entreprenören besitter ett helhetsansvar ger det möjlighet att påverka utformningen så att slutresultatet är lägre kostnader jämfört med utförandeentreprenad. För totalentreprenad gäller att detaljprojekteringen kan påbörjas först då projektet har räknats hem (Nordstrand 2000).

4.1.2 Funktionsentreprenad

Ett alternativ till totalentreprenad kan vara funktionsentreprenad där entreprenören inte bara ska svara för projektering och byggnation, utan även för drift och underhåll. Fördelen med denna entreprenadform är att bättre hänsyn tas till byggnadens funktion

och att det inte enbart är kostnaden som styr val av entreprenör för utförandet av byggnationen. En funktionsentreprenad kan användas för olika delar i bygg- och förvaltningsprocessen, inte nödvändigtvis hela projektet (Söderberg 2005).

4.1.3 Utförandeentreprenad

Till skillnad från totalentreprenad och funktionsentreprenad, skall entreprenören vid en utförandeentreprenad endast svara för byggnationen. Byggherren ansvarar för projekteringen och överlåter sedan färdiga handlingar till entreprenören som i sin tur ansvarar för att byggnationen följer de handlingar som erhållits av byggherren. Om utförandet skulle skilja sig från handlingarna är det entreprenörens ansvar att åtgärda, skulle däremot handlingarna vara felaktiga och entreprenören har byggt efter dem är felen byggherrens ansvar (Söderberg 2005).

4.2 Anbudsprocessen

För att som entreprenör hitta intressanta objekt att lägga anbud på måste entreprenören antingen själv söka aktivt för att finna projekt eller så blir entreprenören kontaktad av byggherren, kunden (Nordstrand 2000). Eftersom så gott som alla åtaganden beträffande bro- och tunnelentreprenader utförs åt kommuner och staten gäller offentlig anbudsinfordran enligt LOU (lagen om offentlig upphandling). Offentlig upphandling annonseras i Tenders Electronic Daily och entreprenören har sedan valfrihet i att välja vilka projekt denne vill lägga anbud på (Söderberg 2005).

Det är byggherren som initierar och organiserar byggprojektet, vanligtvis med hjälp av en projektledare. Byggherren är den person, företag eller organisation som för egen räkning utför eller som låter uppföra byggnadsverk. Projektledaren i sin tur, planerar och leder projektet i samarbete med byggherren. Byggherren har önskemål om byggnadens funktion och utformning i bruksstadiet och preciserar vilka funktionskrav och allmänna krav som skall gälla för den färdiga byggnaden och således måste entreprenören anpassa sig efter dessa. Utformning av den blivande bron eller tunneln ska vara på ett sådant sätt att byggherrens krav uppfylls (Nordstrand 2000).

För att en entreprenör ska få utföra entreprenaden måste ett slagkraftigt anbud tas fram i förhållande till konkurrerande entreprenörer. Om det rör sig om komplicerade objekt (vilket ofta är fallet med en bro eller tunnel) har entreprenören emellertid varken tid eller pengar att, i detta stadium, fullständigt projektera objektet, varför överslagsberäkningar görs. Underlaget för mängdberäkningar är de beskrivningar och ritningar som ingår i förfrågningsunderlaget.

Mängdberäkningens syfte är att klarlägga hur mycket resurser i form av arbete och material som ska ingå i entreprenaden. Normalt får varje anbudsräknare själv räkna fram erforderliga mängder till sin kalkyl eller köpa mängdförteckningar från en beräkningskonsult (Produktionsstyrning på bygget 1995). Dessa överslagsberäkningar kompletteras i regel med ett risktillägg i anbudet. För enklare byggnader kan det räcka med att komplettera tidigare använda standardlösningar (Söderberg 2005).

Mängdförteckningarna skall sedan ligga till grund för prissättningen av projektet genom att ett å-pris bestäms för varje kubikmeter betong eller ton armering. Slutligen summeras materialmängderna med respektive å-pris och utförandekostnaden för att få en totalsumma för projektet (Söderberg 2005). Det genomarbetade anbudet sänds sedan till byggherren som får ett antal prisförslag från olika entreprenörer som denne bedömer med avseende på pris och tekniska lösningar vid upphandling.

4.3 Upphandling

Eftersom åtaganden beträffande bro- och tunnelentreprenader utförs åt kommuner och staten gäller offentlig anbudsinfordran. Entreprenören bjuds in med en annons till att delta i anbudslämnande var på entreprenören besitter valfrihet i att avge anbud (Söderberg 2005).

Före anbudstidens utgång lämnar entreprenören in sitt skriftliga anbud. De erhållna anbuden ska förvaras öppnade på säkert ställe till anbudsöppningssammanträdet. Detta är viktigt för att bibehålla den sekretess som gäller vid anbudsförfarandet. Anbudsöppningen ska ske utan dröjsmål efter anbudstidens utgång.

Vid anbudsvärderingen är det upp till byggherren att bestämma vilket av alternativen som är det bästa, vanligtvis brukar det med lägst kostnad vinna. Då det gäller offentlig upphandling har byggherren möjlighet att avvisa ett ekonomiskt förmånligt anbud om det bedöms att entreprenören inte besitter tillräcklig kapacitet, vilket gäller såväl teknisk som ekonomisk. Beställaren meddelar sedan vederbörande entreprenör så att denne kan inleda sitt arbete med att detaljprojektera objektet (Söderberg 2005).

4.4 Genomförande

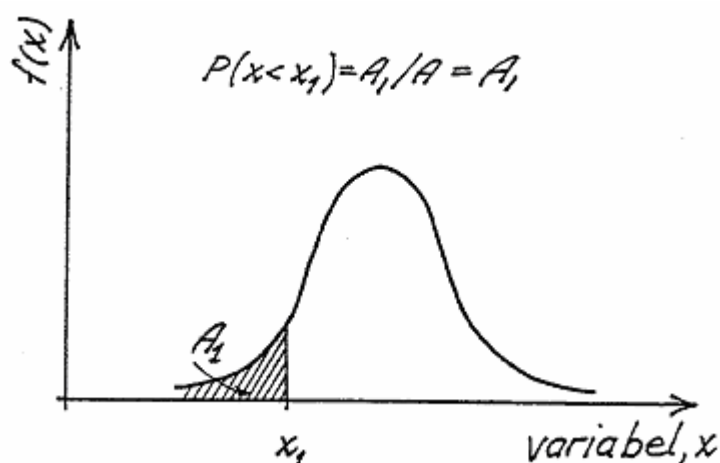
Den entreprenör som får i uppdrag att utföra projektet ska i det här skedet detaljprojektera byggnadsobjektet. Mer detaljerade bygghandlingar i form av ritningar och beskrivningar tas fram med utgångspunkt från handlingarna upprättade i anbudsskedet (Nordstrand 2000). I detaljprojekteringen görs kompletteringar till de överslagsberäkningar som upprättades i anbudsstadiet. Detaljeringsgraden på dessa handlingar ökar avsevärt, så även noggrannheten, då det i anbudsstadiet varken fanns tid eller pengar till att upprätta kompletta handlingar. Den ökade noggrannheten som ofta erhålls i detaljprojekteringen kan, förutom tidsaspekten, bero på nyttjande av diverse beräkningshjälpmedel. De upprättade handlingarna ligger sedan till grund för projektets genomförande och skulle handlingarna eller utförandet, på något sätt avvika från förfrågningsunderlaget är det entreprenörens ansvar att korrigera dessa fel. Vid totalentreprenad har entreprenören fullgjort sin del då byggnationen är avslutad, om det istället hade rört sig om en funktionsentreprenad skulle entreprenören även ha ansvarat för drift och underhåll.

5 Sannolikhetslära och statistik

I detta kapitel om grundläggande sannolikhetslära och statistik förklaras begrepp som används längre fram i rapporten. Kapitlet kommer att behandla *frekvensfunktioner* som används i modellen i kapitel 8, *bootstrap* som är en metod då ursprunglig datamängd inte är fullständigt känd, *simuleringstyper* som är nödvändiga då en simulering av modellen görs samt *korrelation* som beskriver de samband som modellens parametrar kan ha.

5.1 Frekvensfunktioner

En stokastisk variabel kan representeras av antingen en frekvensfunktion eller en fördelningsfunktion. Frekvensfunktionen definierar en variabels spridning och arean under den är per definition alltid 1. Sannolikheten för att en variabel är mindre än x_1 beräknas som area A_1 dividerat med totala arean under frekvensfunktionen, vilket är detsamma som A_1 då $A=1$, se Figur 6 nedan.



Figur 6. Sannolikheten för att $x < x_1$, $P(x < x_1)$

Ett annat sätt att representera en variabel är att ange dess fördelningsfunktion, som är integralen av frekvensfunktionen. Fördelningsfunktionen $F(x)$ antar alltid ett värde $0 \leq F(x) \leq 1$. Sannolikheten att ett värde x_1 underskrids kan fås genom $F(x_1)$ (Sällfors 1990).

Medelvärde

Medelvärdet anger var fördelningen har sin tyngdpunkt (medelvärde och tyngdpunkt är lika förutsatt att fördelningen är symmetrisk) och definieras enligt ekvation 5.1 nedan.

$$\bar{x} = E[x] = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (5.1)$$

Det förväntade värdet för en stokastisk variabel kallas väntevärde, $E[x]$ och kan uppfattas som tyngdpunkten för en massfördelning. (Rudemo & Råde 1965).

Standardavvikelse och varians

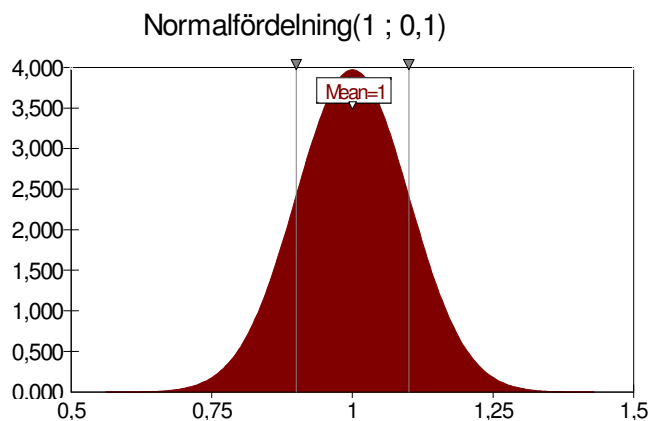
Lämpliga spridningsmått för en sannolikhetsfördelning, d.v.s. hur mycket den stokastiska variabeln kan variera, är varians och standardavvikelse $\sigma = \sqrt{V[x]}$ och har samma dimension som medelvärdet, \bar{x} (Vännman 1990). Standardavvikelsen är ett mått på fördelningens spridning kring medelvärdet. Variansen för en stokastisk variabel är tröghetsmomentet för samma massfördelning där medelvärdet uppfattas som tyngdpunkt och är alltså den genomsnittliga kvadratiske avvikelser från väntevärdet. Variansen definieras för både diskreta och kontinuerliga utfallsrum enligt ekvation 5.2 nedan (Råde 1992).

$$\sigma^2 = E(x - \bar{x})^2 = V[x] \quad (5.2)$$

Det finns ett stort antal typer av fördelningar med samma medelvärde och standardavvikelse men med olika skevhet och toppighet. Den vanligaste och mest kända fördelningsfunktionen är normalfördelningen (Sällfors 1990).

5.1.1 Normalfördelning

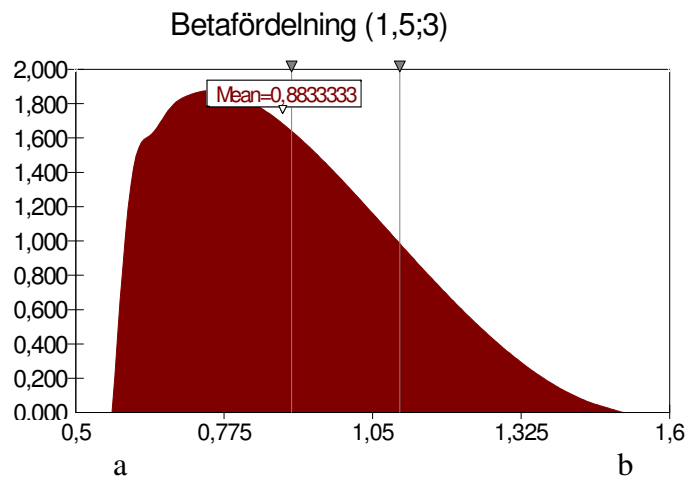
Medelvärden och summor av många oberoende variabler med ändlig varians blir enligt centrala gränsvärdesatsen approximativt normalfördelade. Med ett väntevärde μ och standardavvikelse σ , $N(\mu, \sigma)$, beskriver normalfördelningen, se Figur 7, datamängden med en lika stor spridning uppåt som nedåt sett utifrån väntevärdet (Hjorth 1998).



Figur 7. Normalfördelning $N(1;0,1)$ med väntevärde $\mu=1$ och standardavvikelse $\sigma=0,1$

5.1.2 Beta-fördelning

En beta-fördelning har likheter med en normalfördelning, den kan vara symmetrisk men beta-fördelningen kan även göras skev åt det ena eller det andra hållet. Den har en undre och övre begränsning, a resp. b, vilket är fördelaktigt om parametervärdena inte kan anta värden nära $\pm\infty$, se Figur 8 nedan.



Figur 8. Beta-fördelning, skevhetsparametrar 1,5 och 3.

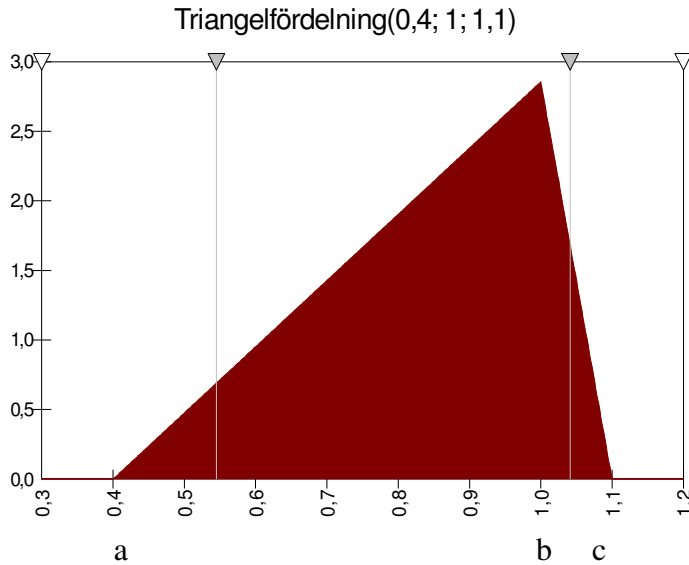
Beta-fördelningens frekvensfunktion har formen enligt ekvation 5.3 nedan.

$$f(x) = C(x-a)^\alpha (b-x)^\beta \quad (5.3)$$

Om $(x-a)$ och $(b-x)$ är stora tal $\approx 5 \cdot \sigma$, är skillnaden mellan beta-fördelningen och normalfördelningen liten och beta-fördelning går mot en normalfördelning (Sällfors 1990).

5.1.3 Triangelfördelning

En triangelfördelning har en enkel uppbyggnad och anger en frekvensfunktion med tre värden, minsta, troliga och största värde, se Figur 9. Frekvensfunktionens skevhet bestäms av förhållandet mellan det troliga värdet och minsta och maximala värdet (Palisade Corporation 2002).



Figur 9. Triangelfunktion med minsta värde=0,7; troligt värde=1 och maximalt värde=1,1.

Tyngdpunkten för en triangel definieras som:

$$\bar{x} = \frac{1}{A} \int_a^c y \cdot x dx \Rightarrow \bar{x} = \frac{a+b+c}{3} \quad (5.4)$$

Standardavvikelse för en triangelfunktion är:

$$\sigma^2 = \frac{1}{A} \int_a^c (x - \bar{x})^2 \cdot y dx \Rightarrow$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{18}(a^2 + b^2 + c^2 - ab - bc - ac)} \quad (5.5)$$

För fullständiga härledningar, se Appendix 8.

5.2 Bootstrap

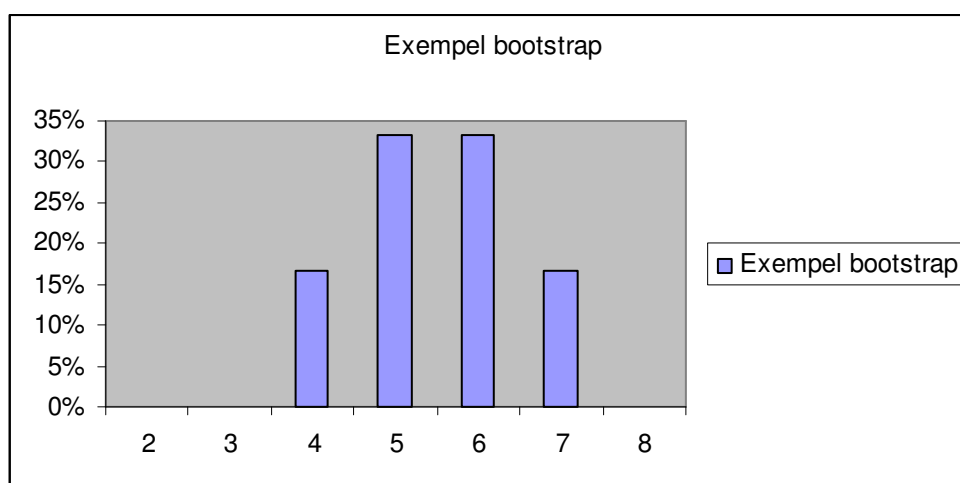
Bootstrap är en generell approximativ metod som bygger på datorsimuleringar och används då den ursprungliga fördelningen för indata är bristfällig eller inte fullständigt känd. Bootstrap resampling bygger på att värden utifrån den ursprungliga empiriska fördelningen slumpas fram. Dessa data används som bas för de simulerade värdena, för att ge en bild av den underliggande stickprovsfördelningen. Ett eller flera insamlade stickprov betraktas som en bild av den sannolikhetsfördelning som data kommer ifrån (Hjort 1998). Dessa slumpningar genomförs lika många gånger som antalet indata ur den ursprungliga empiriska fördelningen. Ur de framslumpade värdena beräknas ett medelvärde, median och standardavvikelse fram. Denna

procedur upprepas sedan ett antal gånger så att en utökad datamängd erhålls, till vilken en statistisk fördelning kan anpassas. De framtagna värdena ligger sedan till grund för den fördelning som skapas. Ur den skapade fördelningen kan sedan ett konfidensintervall för medelvärdet beräknas och uppskattningen förbättras då antalet simuleringar ökar. Ju större konfidensintervallet är desto större är osäkerheten i indata (Piegorisch & Bailer 1997). Av Figur 10 ses att ett 95 % konfidensintervall för följande exempel finns mellan 3 och 7.

Exempel:

Indata: 1 3 5 7 9

Slumpning 1: 3, 3, 7, 1, 9	Medel: 4,6
Slumpning 2: 5, 9, 1, 1, 3	Medel: 3,8
Slumpning 3: 1, 3, 9, 7, 9	Medel: 5,8
Slumpning 4: 9, 3, 5, 7, 5	Medel: 5,8
Slumpning 5: 5, 3, 5, 7, 3	Medel: 4,6
Slumpning 6: 1, 9, 5, 7, 9	Medel: 6,2



Figur 10. Visar medelvärden i histogramform.

5.3 Simuleringstyper

I kapitel 8 beskrivs en modell som är uppbyggd för att kunna ge en uppskattning av osäkerheterna i anbudsskedet. För att få en bild av hur stora osäkerheterna är görs en simulering av modellen i ett simuleringsprogram. Programmet använder sig av två olika simuleringstyper, Monte Carlo och Latin Hypercube. Båda typerna beskrivs nedan.

5.3.1 Monte Carlo

Monte Carlo-metoden bygger på upprepade simuleringar, där värdet på variabler som är stokastiska slumpas från på förhand antagna fördelningar. Resultatet av samtliga simuleringar kan sammanfattas i form av en statistisk fördelning.

Monte Carlo analys omfattas normalt av fyra steg, där det i steg ett bestäms vilka fördelningar som skall gälla för samtliga variabler. Således definieras den frekvensfunktion inom vilken värdet kommer att befinna sig. I steg två väljs N stycken uppsättningar av slumpdragna indata. Det är av stor vikt att slumpdragna indata representerar större delen av värderummet. Steg tre innebär att modellen utvärderas för varje uppsättning av indata vilket genererar ett modellresultat. I steg fyra utnyttjas resultatet från steg tre för att få ett underlag för osäkerhetsanalys.

Monte Carlo-analys är stokastisk och bygger på slumpade indata. Eftersom metoden bygger på en mängd variabler är det avgörande för metodens omfattning hur många variabler med antagen osäkerhet som tas med, hur många slumpdragningar som krävs för att ge en representativ bild av utfallsrummet och egenskaper hos den framtagna modellen. Det största praktiska problemet med metoden blir således långa beräkningstider (Matstoms & Björketun 2003).

5.3.2 Latin Hypercube

Latin Hypercube är även den en metod för att frambringa slumpade indatavariabler. Metoden bygger på att för varje enskild variabel delas värdeområdet upp i N stycken (samma antal som önskade variabeluppsättningar) intervall med *samma sannolikhet*. Från ett sådant intervall dras sedan ett slumpat värde för varje variabel. De N värden som är genererade för variabeln x_1 kombineras först slumpmässigt med motsvarande N genererade värden för x_2 . På så sätt fås N par av (x_1, x_2) , vilka sedan slumpmässigt kombineras med de N genererade x_3 -värdena. Processen fortsätter tills alla variabler är kombinerade enligt ovan och N fullständiga uppsättningar har bestämts. Med relativt få variabeluppsättningar ger metoden bra täckning av värdeområdet (Matstoms & Björketun 2003).

5.3.3 Val av simuleringstyp

Det finns fördelar med de båda ovanstående metoderna. Latin Hypercube leder till färre beräkningar utan att någon nämnvärd täckning av värderummet förloras. Monte Carlo-metoden är mer beräkningskrävande, men får då bättre täckning av värderummet.

Vi väljer att använda oss av Monte Carlo-metoden, de omfattande beräkningarna till trots. Detta beror på att metoden leder till ett bättre resultat, samtidigt som datorn är ett utmärkt hjälpverktyg vid de tunga beräkningarna.

5.4 Korrelation

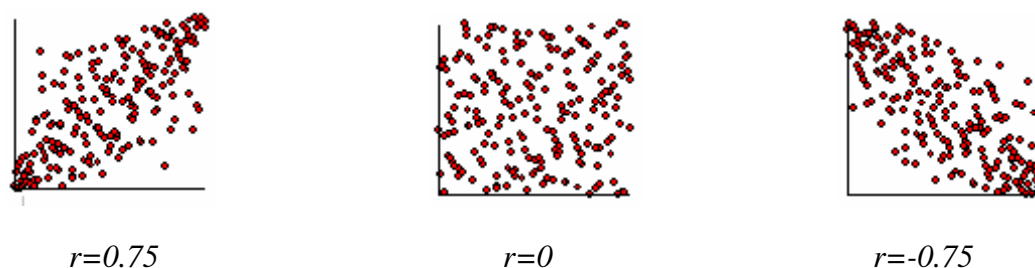
Korrelation beskriver om det finns något samband mellan variabler i en statistisk undersökning. Det finns ett positivt samband eller positiv korrelation om den ena variabeln ökar då den andra ökar, d.v.s. att höga värden på den ena variabeln motsvarar höga värden på den andra variabeln. Vid negativ korrelation motsvaras höga värden på den ena variabeln av låga värden på den andra variabeln.

Att konstatera om ett samband är positivt eller negativt är inte alltid tillräckligt, det är också viktigt att konstatera hur starkt sambandet är. Ju fler observationer som följer huvudtendensen i indata, desto starkare är sambandet d.v.s. ju mindre spridning desto starkare korrelation, se Figur 11. Ett mått på det *linjära* sambandets styrka är korrelationskoefficienten, r . Om korrelationskoefficienten har värdet 1 innebär det att alla observationer ligger på regressionslinjen.

r antar alltid värden mellan plus ett och minus ett, d.v.s. $-1 \leq r \leq 1$

$r = -1$ innebär att sambandet är negativt och att samtliga observationer ligger på linjen

$r = 1$ innebär att sambandet är positivt och att samtliga observationer ligger på linjen.



Figur 11. Visar utseendet för olika värden på korrelationskoefficienten r .

Ett värde på r nära ett, kan beskrivas som en rät linje. Fås ett värde nära noll kan dock inte slutsatsen att variablerna är oberoende dras. Sambandet kan då vara icke-linjärt t.ex. en andragradsekvation.

Det är viktigt att ta reda på vilken variabel som är beroende respektive oberoende. Då orsakssambandet är entydigt, benämns sambandet som ensidigt det vill säga sambandet går bara i en riktning. Ibland kan det vara omöjligt att skilja på orsak och verkan. Om det är omöjligt att ange vilken variabel som är beroende eller oberoende är sambandet ömsesidigt (Körner & Wahlgren 2002).

I de flesta fall är det svårt att ha någon säker uppfattning om beroenden och exakta värden på korrelationer. En rimlig ambitionsnivå kan därför vara att ange för vilka variabler beroenden antas finnas och att styrkan av sambandet anges efter en given skala: till exempel *starkt negativ* (-0.75), *svagt negativ* (-0.25), *svagt positiv* (0.25) och *starkt positiv* (0.75). Alternativt anges numeriska värden över hela intervallet för variabelpar med beroenden.

Fördelen med att begränsa indata till en uppsättning givna fördelningar och till vissa bestämda nivåer på korrelation är att det kan underlätta tolkningen och jämförelser av resultat. Det får dock vara till priset av att indata anges på kanske onödigt grov nivå. Troligtvis har användaren dock inte en säkrare uppfattning av indata än att möjliga val är tillräckligt (Matstoms & Björketun 2003).

6 Mängduppföljning

Detta kapitel är den första delen av analysen och ska ge svar på rapportens huvudsakliga syfte som är att utreda hur mycket materialmängderna i anbudsstadiet skiljer sig från de i färdig produkt. Studien bygger på bro- och tunnelprojekt av varierande karaktär och storlek. Bland de projekt som ingått i studien kan bl.a. Järnbrottsmotet, Frölundamotet, Partillemotet, samt delar av Götatunneln och Södra Länken nämnas.

6.1 Indata

Mängdberäkningarna, som legat till grund för anbudet, har utförts av ett antal olika konstruktionskonsulter, förutom Skanska Teknik har även BLI, ELU, Vägverket Konsult, Inhouse Tech, samt COWI Consult förekommit. Merparten av konstruktionskonsulterna har endast medverkat i ett till fem projekt och valdes därför bort då indata inte bedömdes som tillräckligt tillförlitlig. De kvarstående mängdberäkningarna har utförts av en enda konstruktionskonsult och studien bygger på indata från en enda källa. De projekt som har samlats in, har varit av varierande karaktär. Alla projektuppföljningar var inte fullständiga, en del saknade helt eller delvis information och sorterades därför bort. Den vanligaste orsaken till bortfallet är att en del materialslag i dessa projekt inte har följts upp. En annan orsak är att informationen var sammanställd på ett sådant sätt att den inte kunde användas.

6.2 Metod

Efter insamling av data från anbud respektive genomförda projekt har materialet bearbetats. De projekt som föll utanför rapportens avgränsningar, d.v.s. de projekt som hade fått ändrad produktionsmetod, ändrat lastfall, andra geotekniska förutsättningar m.m., sorterades bort. För att ytterligare begränsa rapportens omfattning ansågs det nödvändigt att endast låta de projekt ingå i modellen där förändring i materialmängd enbart har orsakat marginalkostnader.

Den resterande datamängden har hänförs till respektive konstruktionsdel det vill säga underbyggnad eller överbyggnad. För att möjliggöra en jämförelse mellan broar och tunnlar har materialdata (betong och armering) för tunnlar hänförs till underbyggnaden då denna är likartad med broars underbyggnad.

Efter gallring bland insamlade projekt återstod totalt 41st, av vilka större delen utgjordes av broar (36st) och resterande delen av tunnlar (4st), se Appendix 1. Materialslagen finns uppföljda i varierande antal projekt, fördelningen ser ut enligt nedan:

Pålar:	15st projekt
Betong UB:	36st projekt
Armering UB:	35st projekt
Betong ÖB:	15st projekt
Armering ÖB:	13st projekt

6.2.1 Nyckeltal

För att möjliggöra en jämförelse mellan de olika projekten valde vi att definiera mängd avvikelserna som kvoten av mängden i slutlig produkt dividerade med mängden i anbudet.

$$Kvot = \frac{\text{Mängd i färdig produkt}}{\text{Mängd i anbud}}$$

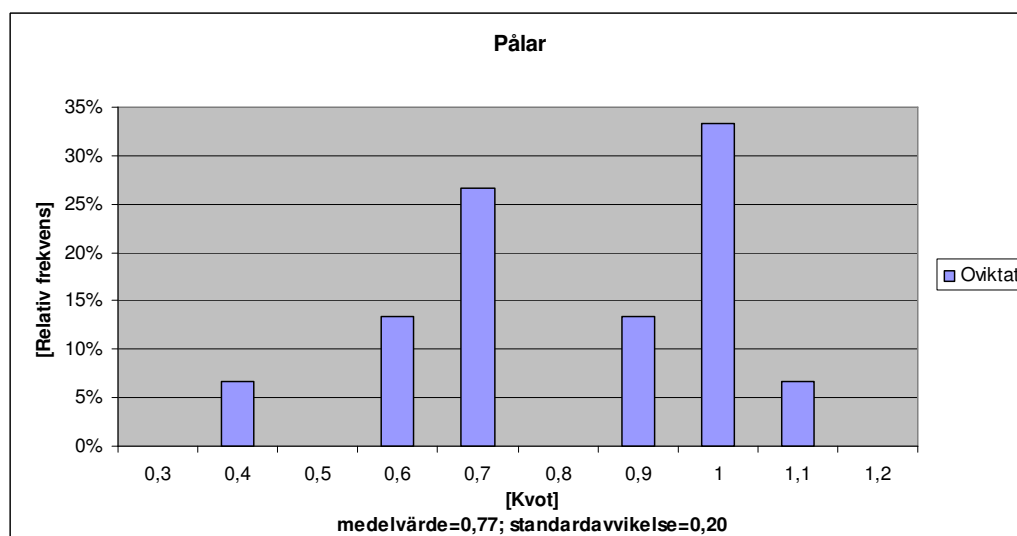
Exempel:

Mängd i anbud: 42 m pålar

Mängd i färdig produkt: 35 m pålar

Kvoten blir således: $\frac{35}{42} = 0,833$

För att få en bättre uppfattning om hur avvikelsernas spridning ser ut sammanställdes histogram för var och en av bygnadsdelarna, se Figur 12 samt Appendix 2.



Figur 12. Exempel på oviktad indata för Pålar.

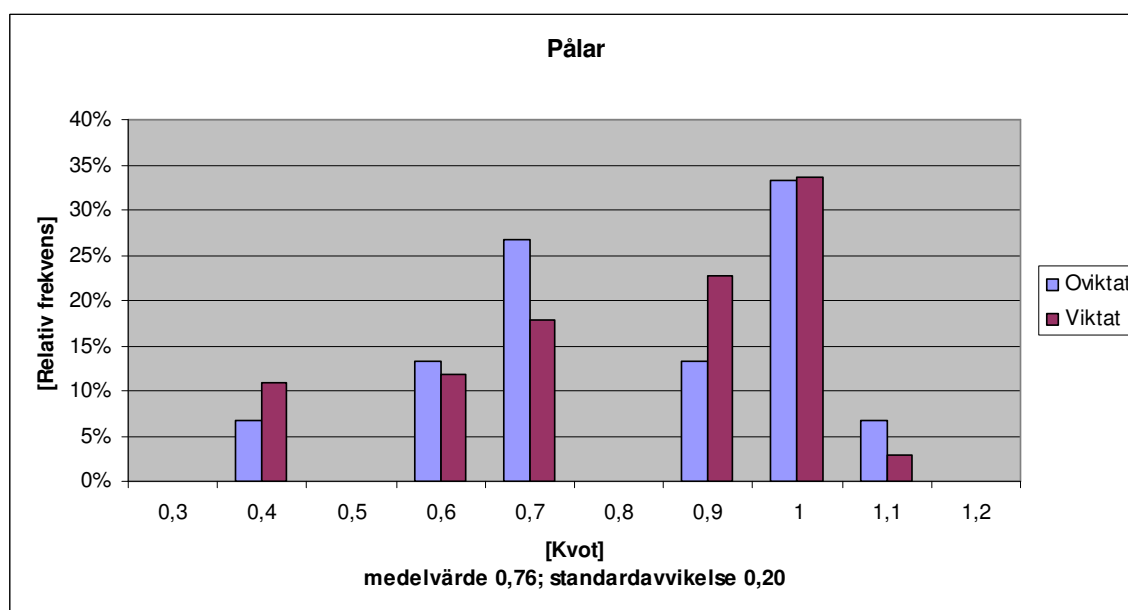
6.2.2 Viktning

För att ta hänsyn till de olika projektens varierande storlek bedömdes det nödvändigt att vikta projekten, så att ett stort projekt får en större betydelse för slutresultatet än vad ett litet får.

Projekten viktades genom att det specifika projektets materialmängd dividerades med den totala materialmängden för alla projekt. Så stor andel som det specifika projektet hade av den totala mängden, lika stor betydelse får det specifika projektets "kvot" för det totala medelvärdet.

$$\frac{\text{Antal pålar i projekt A}}{\text{Antal pålar totalt}} \cdot 100 = X\%$$

I exemplet ska projekt A motsvara X stycken projekt av 100 och på så sätt får projektet så stor påverkan på det totala medelvärdet som dess mängder motsvarar. Viktade värden kan ses i Appendix 3. Oviktade och viktade värden kan ses i Figur 13 nedan, samt Appendix 4.



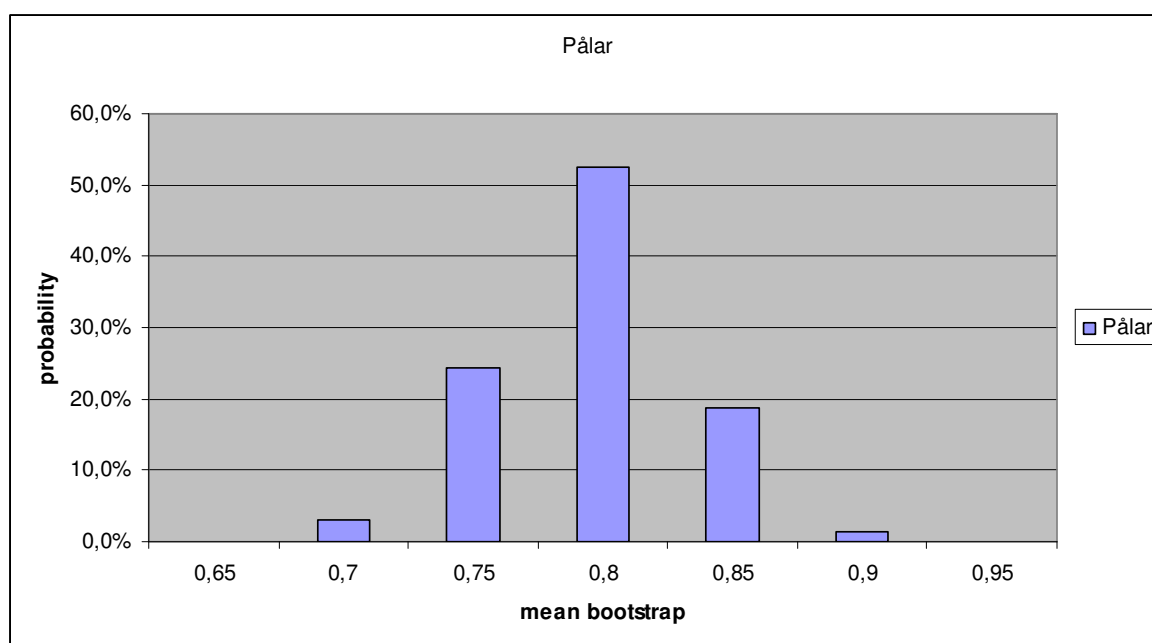
Figur 13. Exempel på oviktad och viktad indata för Pålar.

6.2.3 Indatas kvalitet

Det slutliga resultatet av denna rapport är till stor del beroende av kvaliteten på använda indata. Det finns många faktorer som påverkar kvaliteten, exempelvis antalet projekt som indata består av. Projekten är av skiftande karaktär och storlek, genomförda av personer med olika kunskap och erfarenhet, mängdsammansättningarna är gjorda i varierande syfte och så vidare. Därför måste hänsyn tas till indatas kvalitet när resultaten analyseras.

Enligt IVF (2002) ökar den statistiska säkerheten för medelvärdet av totalsumman med antalet element. För att erhålla god noggrannhet är 30-60 element nödvändigt. Vidare säger Särkkä (2006) att 25-30 element är tillräckligt för att få en god validitet. Således är det bara två byggnadsdelar som uppfyller ovanstående rekommendation; Betong UB och Armering UB. För att kontrollera indatas kvalitet för de byggnadsdelar som inte uppfyller ovanstående rekommendationer med ca 30 element, borde en så kallad *bootstrap* genomföras (Särkkä 2006), se kapitel 5.2.

För exempelvis Pålar med 15 projekt som indata och ett medelvärde på $\bar{x}=0,76$, visar genomförd bootstrap att ett 95% konfidensintervall befinner sig mellan 0,70-0,84, se Figur 14 nedan. Detta innebär att medelvärdet med 95% säkerhet kommer att befinna sig i detta intervall. Vid jämförelse med Armering ÖB, 13 projekt som indata och ett medelvärde på $\bar{x}=0,95$, befinner sig ett 95% konfidensintervall mellan 0,86-1,25, vilket är en betydligt större intervall än för Pålar. Detta innebär att indata för Pålar är mer pålitlig än för Armering ÖB. Genomförd bootstrap visar ett histogram för medelvärdet av 1000 simuleringar och kan ses i Figur 14 nedan. För bootstrap för samtliga byggnadsdelar, se Appendix 5.



Figur 14. Visar genomförd bootstrap för 1000 simuleringar av Pålar

6.3 Resultat

Efter genomförd undersökning framgår det att mängderna generellt sett är lägre i den ”färdiga produkten” än i anbudet, d.v.s. att det går åt en mindre mängd material i den slutliga produkten än vad som beräknades i anbudet och att det totala medelvärdet för de olika byggnadsdelarna är mindre än ett, se Appendix 4.

Nedan kan det viktade medelvärdet för de fem byggnadsdelarna ses:

Pålar	$x_{\text{medel}}=0,76$	$\sigma = 0,20$
UB Betong	$x_{\text{medel}}=0,86$	$\sigma = 0,12$
UB Armering	$x_{\text{medel}}=0,96$	$\sigma = 0,35$
ÖB Betong	$x_{\text{medel}}=0,93$	$\sigma = 0,09$
ÖB Armering	$x_{\text{medel}}=0,95$	$\sigma = 0,35$

För oviktade och viktade värden i histogramform, se Figur 13 i kapitel 6.1.2 och Appendix 4.

6.4 Diskussion och slutsatser

Det kan konstateras att entreprenören generellt sett räknar med för stora mängder. För exempelvis Pålar är mängdavvikelseernas medelvärde, $x_{\text{medel}}=0,76$. Samtidigt kan det konstateras att den viktning som genomförts inte har påverkat medelvärdena nämnvärt. Av resultaten från undersökningen att döma är medelvärdena för byggnadsdelarna UB Armering, ÖB Betong och ÖB Armering godtagbara. Emellertid tycker vi att spridningen för samtliga indata förutom Betong ÖB är orimligt stor. Att helt undvika avvikelser går inte, men att avvikelserna besitter denna spridning, exempelvis för Armering UB mellan 0,5-1,9, kan inte anses vara acceptabelt. Det kan tyckas att det är bra att samtliga materialslag har en kvot under ett, eftersom det på så sätt går åt en mindre summa pengar än det som beräknades i anbudet. Faktum är att detta innebär att anbudet utformas felaktigt och att entreprenören på så sätt förlorar i konkurrenskraft i de fall då anbudet prissätts för högt.

Varför Pålar har så stora avvikelserna är svårt att bedöma. För Armering UB och ÖB förefaller det som beräkningarna sker på samma sätt då både medelvärde och standardavvikelse är nästintill identiska. Det kan på samma gång konstateras att de fyra projekten med den högsta kvoten för Armering ÖB är delprojekt i ett och samma större projekt. Om dessa tas bort sänks medelvärdet betydligt ($x_{\text{medel}}=0,80$) och standardavvikelsen minskar. Detta innebär att de 9 återstående projekten för Armering ÖB alla kommer ha en kvot under ett. Eftersom antalet projekt för en del av byggnadstyperna är i minsta laget kan ett projekt få stor betydelse för medelvärdet. Beträffande Betong UB och ÖB skiljer sig medelvärdena åt, medan standardavvikelsen är i samma storleksordning. Det verkar som om Betong UB och ÖB beräknas på likartat sätt. Samtidigt kan det konstateras att det är Betong ÖB som är den byggnadsdel som besitter minst spridning.

Då materialmängderna generellt sett minskar vore det i sammanhanget intressant att veta om det är någon annan kostnadspost som istället ökar i förhållande till anbudet. För exempelvis Pålar är mängderna 76 procent av de som beräknades i anbudet, vad används pengarna för de resterande 24 procent till? Av det som framgick av bakgrunden i rapporten beskriven i kapitel 1.1 får flertalet byggprojekt generellt sett kostnadsöverskridanden. Sannantaget borde detta innebära en kostnadsökning av andra kalkylposter. Om det nu är så att totalkostnaden för ett projekt sällan minskar, men att materialmängderna gör det finns det genom att utreda detta närmare en

möjlighet att förbättra träffsäkerheten i anbudet så att entreprenören eventuellt får utföra fler projekt.

Kvaliteten på de materialuppföljningarna som samlats in kan vara påverkade av en mängd faktorer. Vid en uppföljning kan mängder framhållas på ett sådant sätt att de ska passa det beräknade anbudet bättre. Det kan finnas delar som sammanställaren vill lyfta fram eller dölja i den gjorda uppföljningen. Hur lång tid det tar innan uppföljningen av projektet görs kan påverka hur mängderna i anbudet stämmer överens med slutlig produkt. Vid allt för lång tid mellan projektets avslutande till uppföljning finns risken att vissa delar glöms bort etc.

Det kan verka som om rapportens indata inte håller tillräcklig kvalitet, enligt kapitel 5.2 och kapitel 6.1.2, för att användas. Även om antalet uppföljda projekt kan vara i minsta laget för några byggnadsdelar, är den kunskap som dessa uppföljningar ger betydligt bättre än inga uppföljningar alls. Som Ahlenius (1999) framfört, kan det statistiska underlaget användas, trots att kvaliteten i en del fall är bristfällig. Det viktiga är att materialet granskas kritiskt och att det finns en medvetenhet om problematiken vid beslutsfattande.

7 Enkätundersökning

För att få en bredare bild av den komplexitet som finns i anbudsförfarandet och vilka orsakerna kan vara till att anbuds-kalkylen på ett eller annat sätt inte stämmer överens med slutlig produkt, genomfördes en enkätundersökning. Detta kapitel är den andra delen av analysen och ska ge olika förklaringar till varför avvikelser i materialmängder uppkommer.

7.1 Metod

Enkäten skickades ut till konstruktörer och projektörer, samt produktionschefer. För att undvika att enkäterna skulle besvaras av personer som arbetar tillsammans och på så sätt har utvecklat samma tankesätt, skickades enkäterna ut till tre olika regioner. Enkäterna skickades ut via e-post till sju produktionschefer och åtta konstruktörer/projektörer utifrån en lista som vi fått av våra handledare på Skanska. Dessutom skickades en enkät till konstruktörer, projektörer och produktionschefer gällande korrelation mellan de olika parametrarna som ingår i en anbuds-kalkyl. Resultatet av denna enkät används som grund för den korrelationsmatris som förekommer i vår modell, se även kapitel 8.

Enkätfrågorna baserades dels på teoridelen i rapporten, dels på en brainstorming, samt idéer från våra handledare på Skanska. Handledarna hjälpte också till så att frågorna blev relevanta och begripliga. Enkäten som skickades till konstruktörer och projektörer behandlade frågor kring projekteringsfasen, medan enkäten till produktionschefer behandlade frågor kring produktionen. De tillfrågade personerna skulle gradera hur stor påverkan framtagna parametrar har för hur väl anbudet stämmer överens med slutlig produkt, på en skala mellan 1-4. 1 på skalan innebar liten påverkan och 4 stor påverkan. Enkäten som skickades ut till projektörer och konstruktörer hade totalt nio frågor och enkäten som skickades ut till projektcheferna hade totalt 15 frågor. Möjligheten fanns även att lämna kommentarer till svaren.

Enkäten som behandlade korrelation utgjordes av åtta frågor om hur starka sambanden är mellan parametrarna som bygger upp anbuds-kalkylen. Sambandet graderades på en skala mellan 0-100 procent, där 0 innebar att ingen korrelation mellan parametrarna råder och 100 procent innebar att parametrarna är fullständigt korrelerade. Det fanns även plats att lämna kommentarer till svaren. Enkäterna och utvärdering av svar återfinns under Appendix 6 och 7.

Svarsfrekvensen var relativt god. Av 28 (projektering, produktion och korrelation) utskickade enkäterna returnerades 20, det vill säga en svarsfrekvens på 71 procent.

7.2 Enkät - Projektering

En enkätundersökning gällande vilken påverkan en rad faktorer har för att anbudet ska få en bra överensstämmelse med verkligheten, skickades ut till åtta projektörer och konstruktörer, fördelade på de tre största regionerna i landet. Av de tillfrågade svarade 6 st. För att se enkät samt fullständiga svar, se Appendix 6 och 7.

7.2.1 Faktorer för en lyckad projektering

Genomförd undersökning visade att de faktorer som mest påverkar projekteringen är (svarsresultat (X)):

- Projektören/konstruktörens **erfarenhet (3,6)**.
- Projektören/konstruktörens **motivation (3,4)**.
- **Mängden tid** som projektören/konstruktören har att tillgå **(3,3)**.
-

7.2.2 Kommentarer

De kommentarer som bedömdes som mest intressanta har sammanställts nedan:

Tid	-”Om för få timmar ritas ofta dimensioner lite för stora.” -”Tidsåtgången beror dock på individens erfarenhet och kompetens.”
Motivation	-”Beror helt på konstruktion.” -”Utan motivation kan det aldrig bli bra.” -”Normalt sett stort, speciellt för att ta fram konkurrenskraftiga alternativ.”
Kalkylering på ”säkra sidan”	-”Direkt koppling till hur stor insats som görs i anbudsskedet. Liten insats-Grovt, oftast på säker sida, men kan även missa saker som kostar mängder. Kan även ge på osäkra sidan om ej tillräckligt med tid.” -”Olika individer har olika bedömningar för vad som är ’säkra sidan’, varför detta kan skilja mycket för olika personer.”
Incitamentsavtal	-”Vi försöker alltid optimera mängderna. Det kan dock ibland påverkas av tidplanen”

-”Incitament gynnar att man kan kosta på sig mer konstruktionstid för att nå en bättre optimering, d.v.s. minska anbudsmängderna.”

Beräkningshjälpmedel -”Användande av olika programvaror i detaljprojektering, jämfört med anbud kan leda till olika resultat, eftersom noggrannheten (detaljeringsgraden) kan vara olika.”

-”Mycket viktigt med bra hjälpmedel. Systemberäkningar ska snabbt kunna byggas upp.”

Fokusering -”Vanlig prioritering överbyggnad-pålar-underbyggnad.”

-”Ofta ger ’rätt’ lösning i underbyggnaden och grundläggningen större effekt på mängderna. Dock, ibland viktigt att välja rätt lagertyp (FL, RL) på stöden.”

-”Vid framtagande av förfrågningsunderlag läggs nog minst tid på pålar eftersom detta är svårast och dessutom alltid visas principiellt. Btg tjocklekar för UB och ÖB visas ju på förslagsritning och bör stämma något så när. Man brukar kunna jämföra med referensprojekt.”

-”Överbyggnad. Pålar om risk för att dragkapaciteten överskrids.”

Övriga kommentarer -”Övriga viktiga frågor för att ett bra anbud skall lämnas: - Använd rätt handlingar (förslagsritning)! Utred sidoalternativ! Våga pröva nya lösningar! Samarbete konstruktör och kalkylator vilkas alternativ som är intressanta.”

7.2.3 Slutsatser

Tid, erfarenhet och motivation nämns som tre viktiga faktorer för en lyckosam projektering. Det är intressant att se att det i enkäten nämns att anbudsprojektering och detaljprojektering kan skilja sig åt på grund av användandet av olika programvaror i olika skeden i projekteringen. Som en kommentar från enkäten nämns att om projektören får för lite tid vid projekteringen blir det oftast för stora dimensioner, vilket eventuellt kan vara en anledning till att materialmängderna uppskattas för stora i anbudsskedet. Slutligen kan det konstateras att det råder delade meningar beträffande vilken del som vanligen optimeras, vissa hävdar att det är pålarna för att dessa är svårast att projektera, andra säger överbyggnaden för att det åtgår mest mängder där.

7.3 Enkät - Produktion

En enkätundersökning gällande byggproduktionen skickades ut till 7 produktionschefer, fördelade på olika regioner i landet. Av de tillfrågade svarade 5 st. För att se frågeformulär och en fullständig redovisning av svar, se Appendix 6 och 7.

7.3.1 Faktorer för lyckad produktion

Undersökningen visade att de faktorer som har störst påverkan på byggproduktionen är (svarsresultat (X)):

- Yrkesarbetarnas **erfarenhet (3,8)**.
- Yrkesarbetarnas **kompetens (3,8)**.
- Yrkesarbetarnas **motivation (3,5)**.
- **Materialleveranser (3,5)**.

7.3.2 Kommentarer

Essensen av de kommentarer som framkom i enkätundersökningen har sammanfattats och redovisas nedan.

Enhetstider

-”Vissa moment bör ses över.”

-”Yngre medarbetare behöver få mer kännedom om enhetstider. Alltså behövs uppföljning av bygget genom en erfarenhetsgenomgång efter varje projekt, kanske t.o.m. mitt under ett projekt om det pågår under en längre tid.”

-”Kunskapen är idag god rörande enhetstider, dock måste alla nya moment följas upp.”

-”Det är alltid bra att ha en fungerande uppföljning. Kapaciteter, krav och arbetsmetoder ändras och enhets-tiderna med dem.”

Optimering

-”Det brukar oftast bli krångligare att utföra en optimerad konstruktion.”

-”T.ex. en optimerad armeringslösning kan direkt påverka sluttiden om den inte innan är kommunicerad med produktionen.”

Leveranser	-”Små eller mindre förseningar påverkar inte, men vissa kritiska material, typ brolager och spännarmering påverkar direkt sluttiden.”
Motivation	-”Minst lika viktig som kunskap och kompetens.”
Väder	-”Framför allt snö har den största påverkan, kyla kan man kompensera med annat.”
Utrustning	-”Den påverkar mest arbetsmiljön.”

7.3.3 Slutsatser

Erfarenhet och kompetens bedöms som de viktigaste faktorerna för att ett projekt ska bli lyckat i produktionsfasen. Utöver dessa benämns även motivation som en viktig faktor. Tillsammans med materialleveranser som kommer i tid utgör dessa tre faktorer grunden för ett lyckat projekt. Något som kan anses överraskande är att väder och utrustning bedöms ha mindre påverkan på hur produktionen fortlöper än de faktorer som nämns ovan.

Tidigare i rapporten har det nämnts att det inte gjorts några noggranna uppföljningar av enhetstider i projekten på länge. Trots detta visar resultatet av enkäten att det i dagsläget råder god kännedom om enhetstiderna. Det sägs att uppföljning är bra och att nya moment definitivt ska följas upp, samt att det främst är yngre medarbetare som behöver få bättre kännedom om dem. Ett förslag till förbättring kan vara att en uppföljning av enhetstider bör göras efter varje projekt för att försäkra sig om att resultaten i kommande projekt förbättras. Pågår projektet under en längre tid bör en uppföljning även göras under projektets gång.

Eftersom enkätundersökning var liten kan inga generella slutsatser dras av resultaten. För att få en högre tillförlitlighet bör en enkät som omfattar fler personer utföras. Enkäten kan också kompletteras med intervjuer.

7.4 Enkät - Korrelation

En enkätundersökning gällande hur sambanden ser ut mellan parametrarna i en anbuds-kalkyl skickades ut till samma personer som medverkade i enkäterna för **projektering** och **produktion** och således är antalet svar fler, nio stycken till antalet.

Korrelationen mellan parametrarna i en anbuds-kalkyl är relativt okänd. Det finns t.ex. inga matematiska funktioner som beskriver sambanden. Sambanden mellan parametrarna är oftast inte entydiga utan påverkas av en rad yttre faktorer och förutsättningar och det går ibland inte att säga om sambandet är ensidigt eller ömsesidigt. Utvärdering av korrelationskoefficienter kan ses i appendix 7, samt kapitel 8.3.2.

7.4.1 Kommentarer

Betong UB [m³]-Betong ÖB [m³]	-”Ökad mängd i UB ⇒ 0% tillskott i ÖB, ökad mängd i ÖB ⇒ 0-10%.”
Armering UB [ton]- Armering ÖB [ton]	-”Om armering i ÖB ökar ger det försumbar viktökning - försumbart.”
Betong UB [m³]- Armering UB [ton]	-”Mer btg i UB ger mer arm.” -”Ökad betongmängd bör ge minskat armeringsinnehåll (kg/m ³), dock ej nödvändigtvis minskad armeringsmängd.”
Betong ÖB [m³]- Armering ÖB [ton]	-”Mer btg ÖB ger arm.”
Pålar [st]- Betong UB [m³]	-”Ökat antal pålar kan ge stor påverkan på bottenplattans dim. om inte utrymme finns för extra pålar.” -”Ökad egentyngd-fler pålar”
Pålar [st]- Armering UB [ton]	-”Fler pålar ⇒ bättre lastspridning ⇒ mindre armering.” -”Ökat antal pålar ger troligtvis ökad armering, dock ej självklart.”

7.4.2 Slutsatser

Efter att ha analyserat svaren från enkäten kan det konstateras att det inte är helt trivialt att kartlägga sambanden mellan parametrarna. Uppenbarligen finns det inte en klar bild av hur sambanden ser ut, utan att uppfattningen varierar från person till person. Det kan även vara så att de tillfrågade har missuppfattat enkätfrågorna på något sätt. Detta är ytterligare en anledning till att vi behandlade korrelationskoefficienterna restriktivt.

8 Stöd i anbudsprocessen

I projekteringsprocessen råder det osäkerhet om en mängd faktorer som alla påverkar materialmängder, enhetstider, m.m. Eftersom den tillgängliga informationen om projektets förutsättningar är mycket begränsad i anbudsskedet görs kostnadsbedömningarna utifrån kvalificerade gissningar. Resultatet blir att det uppstår avvikelser i materialmängder m.m. mellan anbud och produktion. I kapitel 6 konstaterades att mängderna som den aktuella entreprenören kalkylerar med i anbudet generellt sett är större än i färdig produkt, se resultat kap 6.3.

Följande kapitel är den tredje delen av analysen och beskriver en modell som ska kunna fungera som ett stöd i anbudsarbetet för bro- och tunnelprojekt. De resultat som framkom av mängduppföljningen har använts som grund för modellen.

8.1 Målsättning

Tanken är att modellen ska användas som ett stöd vid en anbudsgenomgång och fungera som ett komplement till de "vanliga" anbudsberäkningarna. Modellen ska resultera i ett värde på sannolikheten för det beräknade försäljningspriset för anbudet. Modellen är avsedd att bygga på resultat från mängduppföljningen i kapitel 6. Tillsammans med enhetstider, materialpriser samt diverse andra kostnader, ska dessa resultat utgöra stommen i modellen. Modellen ska även bygga på den erfarenhet som användaren av modellen besitter. Den ska även utformas så att användaren (precis som i den successiva metoden i kapitel 2.3.2 och den i kap 2.3.3 beskrivna metoden för geoeconomisk analys) på erfarenhetsmässig grund, kan bestämma spridningen för olika parametrar. Modellen ska kunna summera alla kalkyldelar med respektive spridning till en totalsumma med en sammanvägd osäkerhet. Denna totala osäkerhet ska visualiseras som en frekvensfunktion för försäljningspriset.

8.2 Metod

För att minska osäkerheterna som finns i det slutliga anbudspriset har en modell konstruerats. För att uppnå önskat mål med modellen har de resultat som tagits fram från mängduppföljningarna använts. Indata har anpassats till modellen vilket beskrivs i kapitel 8.4. Svaren från enkäten om korrelation har också anpassats till modellen. De utvärderade korrelationerna används då simuleringar av modellen genomförs. För att förenkla användningen är modellen uppbyggd med samma poster som återfinns i en ordinär anbudssammanställning vilken beskrivs i kapitel 8.3.

8.3 Anbudskalkylens uppbyggnad

För att förenkla användningen av modellen har vi valt att ge modellen ett liknade utseende som en ordinär anbudssammanställning, vilken innehåller följande poster:

<i>Direkta kostnader</i>	XXXXX
<i>Allmänna kostnader</i>	XXXXX
Kostnad arbetsplats	XXXXXX
<i>Centrala administrativa kostnader</i>	XXXXX
Självkostnad	XXXXXX
<i>Inköp</i>	XXXXX
<i>Index</i>	XXXXX
<i>Risker</i>	XXXXX
<i>Möjligheter</i>	XXXXX
Summa inköp, index, risker, möjligheter	XXXXXX
<i>Vinst</i>	XXXXX
Försäljningspris	XXXXXX

I följande stycke beskrivs dessa poster mer ingående.

8.3.1 Direkta kostnader

Med direkta kostnader avses sådana kostnader som går att hänföra direkt till en viss byggnadsdel i den färdiga konstruktionen. Kostnader för direkt eget arbete, direkt eget material och direkta underentreprenörskostnader går lätt att hänföra till den färdiga byggnadsdelen (Söderberg 2005). De direkta kostnaderna utgår dels ifrån hur mycket material som går åt för att utföra byggobjektet och dels hur lång tid det tar att utföra de arbetsmoment när byggmaterialen förädlas och resulterar i materialkostnad och arbetskostnad.

Á-priser

Grunden i de direkta kostnaderna är á-priser och innefattar styckpriskostnader för materialen i projektet samt yrkesarbetarnas timkostnad. I modellen har vi valt att benämna dessa nyckeltal, då de är gemensamma för hela projektet.

Nyckeltal:

Arbetskostnad [kr/tim]

Pålar [kr/m]

Betong [kr/m³]

Armering [kr/ton]

Materialkostnad

De olika materialmängderna som har räknats fram multipliceras med styckpriset och genererar en materialkostnad för varje byggnadsdel.

Totalt för projektet:

Pålar [m]	*	Pålar [kr/m]	➔	Materialkostnad [kr]
Betong UB [m ³]	*	Betong [kr/m ³]	➔	Materialkostnad [kr]
Armering UB [ton]	*	Armering [kr/ton]	➔	Materialkostnad [kr]
Betong ÖB [m ³]	*	Betong [kr/m ³]	➔	Materialkostnad [kr]
Armering [ton]	*	Armering [kr/ton]	➔	Materialkostnad [kr]

Arbetskostnad

Beroende på projektets komplexitet tar det olika lång tid för yrkesarbetarna att utföra ett arbetsmoment. De utförandetider som är avsedda att användas i den framtagna modellen ska bygga på användarens erfarenhet om enhetstider ([tim/m³],[tim/ton],[tim/m]) för olika materialslag. Detta beror på att vi inte funnit någon nyligen gjord uppföljning av dessa. En sådan uppföljning skulle vara väldigt tidskrävande och hamnar utanför ramarna för denna rapport.

Enhetstiden som går åt för att utföra en viss aktivitet multipliceras med mängden material och med arbetsmomentets timkostnad så att en total arbetskostnad erhålls för arbetsmomentet (Produktionsstyrning på bygget 1995).

Totalt för projektet:

Pålar[m] *Pålar[tim/m] *Arbetskostnad[kr/tim] → Arbetskostnad[kr]

Betong UB[m³] *Betong[tim/m³] *Arbetskostnad[kr/tim] → Arbetskostnad[kr]

Armering UB[ton] *Armering[tim/ton]*Arbetskostnad[kr/tim] → Arbetskostnad[kr]

Betong ÖB[m³] *Betong [tim/m³] *Arbetskostnad[kr/tim] → Arbetskostnad[kr]

Armering ÖB[ton] *Armering[tim/ton]*Arbetskostnad[kr/tim] → Arbetskostnad[kr]

Om materialkostnad och arbetskostnad för byggnadsdelen summeras erhålls total kostnad för byggnadsdelen.

8.3.2 Allmänna kostnader

Med allmänna kostnader menas sådana kostnader på byggplatsen som inte går att hänföra till en viss byggnadsdel. Kostnader för arbetsledning är svåra att hänföra till någon bestämd byggnadsdel och de flesta maskiner, exempelvis fasta kranar, används i varierande grad för många olika byggnadsdelar. Personalbodas används av såväl egna arbetare som underentreprenörer och kostnaderna räknas som omkostnader och inte som direkta kostnader. Det samma gäller kostnader för t.ex. elförsörjning, snöröjning, städning av bodar, även kallade driftskostnader.

8.3.3 Centrala administrativa kostnader

Ett byggföretag har alltid en central administration som sköter fakturering, löner m.m. Varje byggprojekt ska kunna lämna ett täckningsbidrag till företagets kostnader för central administration. I detta ingår t.ex. hyra för kontor, löner till distriktskontorets personal, löner till huvudkontorets personal, kostnader för utbildning och utveckling o.s.v.

8.3.4 Självkostnad

Självkostnaden utgörs av *direkta kostnader*, *allmänna kostnader*, samt *centrala administrativa kostnader*. Då en anbudskalkyl upprättas, läggs vikt vid att först och främst täcka arbetsplatsens självkostnad, d.v.s. att entreprenören får lika mycket betalt av beställaren som det värde som självkostnaden uppgår till.

8.3.5 Risker, Möjligheter, Inköp, Index och Vinst

Då en entreprenör åtar sig att utföra en entreprenad är det alltid förenat med en *risk*. För att gardera sig mot eventuella bakslag i verksamheten görs ett risktillägg. Om det finns en möjlighet att på något sätt spara pengar i projektet, listas det under *möjligheter* på motsvarande sätt. Om det bedöms möjligt att göra *inköp* billigare än beräknat, kan en reduktion av totalsumman göras. En entreprenör måste ta hänsyn till Entreprenadindex (E84) som är ett index för kostnadsreglering av byggentreprenader. Vid anbudsräkning måste entreprenören beakta om kostnaderna kommer att följa entreprenadindex eller inte.

Det som kännetecknar alla företag är att de på lång sikt måste göra en *vinst* för att verksamheten ska kunna fortlöpa. Under normala konjunkturer brukar entreprenörsarvodets storlek vara ca 8 procent, varav centraladministrationen svarar för ca 5 procent och den kalkylerade risken för 1 procent. Således utgörs vinsten av ca 2 procent av omsättningen (Söderberg 2005).

8.3.6 Försäljningspris

Om ovanstående delar summeras erhålls ett slutligt försäljningspris för projektet. Vid framtagande av ett försäljningspris är det viktigt att ha i åtanke att för att optimera sin verksamhet är det viktigt att kunna läsa av marknaden. Försäljningspriset är satt för att det ska täcka företagets kostnader samt generera en vinst. Det viktiga då ett försäljningspris bestäms är dock inte vad projektet egentligen kostar utan vad marknaden är beredd att betala och vad konkurrenterna prissätter sina anbud till. En kompetent entreprenör känner av marknaden och kan då ett försäljningspris sätts anpassa vinstmarginalen för olika projekt efter marknaden.

8.4 Anpassning till modell

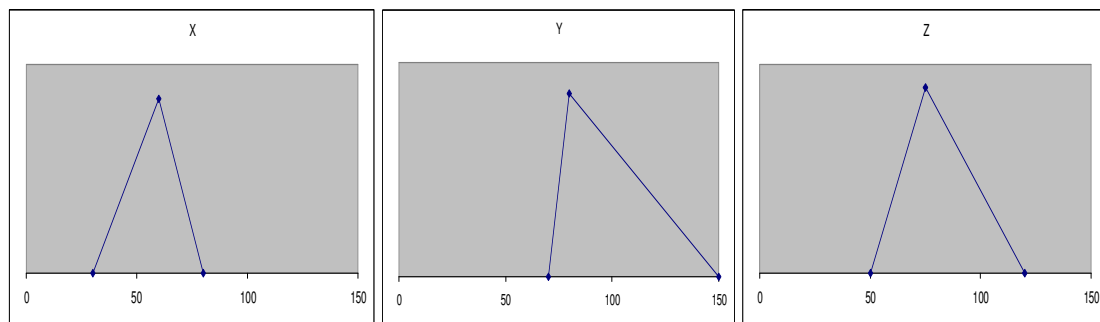
I detta kapitel beskrivs hur indata har anpassats till fördelningsfunktioner som används i modellen. Histogrammen som togs fram i kapitel 6 påvisar inte någon symmetrisk spridning vilket gör det väldigt svårt att anpassa indata till en normalfördelning. Fördelen med en beta-fördelningen är att den kan göras asymmetrisk, men på grund av att beta-fördelningen är relativt komplex har vi även valt bort den. Valet föll istället på triangelfördelningen som har en enkel uppbyggnad, men trots det kan representera indata på ett bra sätt. Dessutom används triangelfördelningen både i successiv kalkylering och i metoden för geoekonomisk analys, se kap 2.3. Det som ytterligare ger skäl att använda triangelfunktioner är att det är möjligt att få med en eventuell skevhet som en normalfördelning missar.

8.4.1 Triangelfördelning

Att definiera det minsta, det mest troliga och det största värdet som kan tänkas uppkomma är ett enkelt och lätt sätt att definiera en spridning för var och en av byggnadsdelarna pålar, betong och armering och på så sätt byggs en triangelfunktion upp, se Figur 15.

Exempel på triangelfördelning

Tre variabler behäftade med olika spridning ser ut enligt följande:



Figur 15. Exempel på triangelfördelningars spridning.

X:	Min=30 kkr	Mest troligt=60 kkr	Max=80 kkr
Y:	Min=70 kkr	Mest troligt=80 kkr	Max=150 kkr
Z:	Min=50 kkr	Mest troligt=75 kkr	Max=120 kkr

Den totala kostnaden definieras som summan av de tre beståndsdelarna.

$$\text{Kostnaden} = X + Y + Z$$

8.4.1.1 Alternativ 1-Ingen hänsyn till osäkerheten

Då ingen hänsyn tas till ovanstående fördelningars spridning, innebär det att det troliga värdet används och kostnaden får följande utseende:

X: Mest troligt=60 kkr

Y: Mest troligt=80 kkr

Z: Mest troligt=75 kkr

$$\text{Kostnad} = 60 + 80 + 75 = 215 \text{ kkr}$$

8.4.1.2 Alternativ 2- Hänsyn tagen till osäkerhet

Om hänsyn istället tas till ovanstående variablers spridning får kostnaden följande utseende:

$$X_{\text{medel}}=(30+60+80)/3=57 \text{ kkr} \quad \sigma_x = 10,3$$

$$Y_{\text{medel}}=(70+80+150)/3=100 \text{ kkr} \quad \sigma_y = 17,8$$

$$Z_{\text{medel}}=(50+75+120)/3=81 \text{ kkr} \quad \sigma_z = 14,5$$

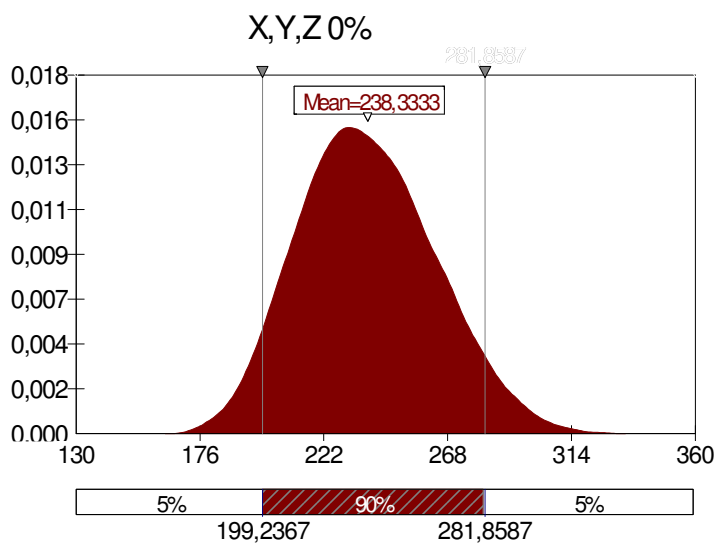
$$\text{Kostnad}=57+93+88=238 \text{ kkr}$$

Den totala kostnadens varians fås då enligt ekvation (8.1) nedan.

$$\sigma^2 = \sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 \quad (8.1)$$

och blir för exemplet ovan är $\sigma^2 = \sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 = 631,9$

En spridning av den totala kostnaden kan se ut som i Figur 16 nedan:



Figur 16. Då X och Y är oberoende av varandra och Z är oberoende av de båda.

Då exemplet i Figur 16 med oberoende variabler Monte Carlo-simuleras blir variansen $\sigma^2=630,9$.

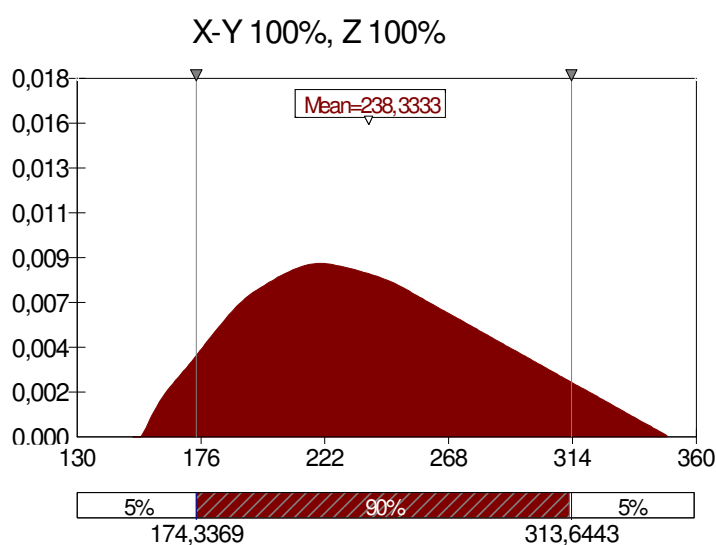
8.4.1.3 Hänsyn tagen till osäkerhet, med korrelation

Då hänsyn tas till ovanstående fördelningars spridning och till korrelationen mellan beståndsdelarna får kostnaden ett annorlunda utseende, se Figur 17 nedan.

Den totala kostnadens varians fås då enligt ekvation (8.2) nedan:

$$\sigma^2 = \sigma^2_x + \sigma^2_y + \sigma^2_z + 2\sigma_x\sigma_y + 2\sigma_x\sigma_z + 2\sigma_y\sigma_z \quad (8.2)$$

och blir $\sigma^2 = 1810,6$



Figur 17. Då X och Y är 100 % beroende av varandra, Z är 100 % beroende av de båda.

Då exemplet i Figur 17 med fullständigt beroende variabler körs blir variansen $\sigma^2 = 1795,5$

Tabell 8.1. Sammanställning av medelvärde och standardavvikelse för oberoende respektive beroende variabler.

	\bar{x}	σ
Oberoende (0%)	238 kkr	25,1 kkr
Beroende (100%)	238 kkr	42,4 kkr

Medelkostnaden är fortfarande 238 kkr för båda exemplen, men beroende på korrelationskoefficienten mellan beståndsdelarna får kostnaden en annan spridning.

8.4.2 Samband i modellen - Korrelation

Av ovanstående exempel samt kapitel 5.4 framgår det att det är viktigt att beakta korrelationen mellan beståndsdelarna i vår modell.

För att få en uppfattning om vilken korrelation som råder mellan parametrarna i vår modell genomfördes en enkätundersökning, se kapitel 7. En rad potentiella samband mellan modellens parametrar ställdes upp och de tillfrågade ombads att uppskatta hur starkt sambandet är. Det som efterfrågades var alltså den subjektiva uppfattningen hos de tillfrågade.

Många samband har förenklats för att överhuvudtaget kunna användas i simuleringen. Till exempel har endast små mängd avvikelser tagits i beaktande. Vidare har alla samband antagits ensidiga och alla korrelationer har antagits vara positiva. För att förenkla utvärderingen från enkätundersökningen har vi mot bakgrund av det som beskrivits i kapitel 5.4 valt att dela in korrelationskoefficienten i tre områden, oberoende (0), svagt positiv (0.25) och starkt positiv (0.75). Denna ansats hade vi inte då enkäten skickades ut eftersom ville undvika att styra de som svarade på enkäten åt något håll.

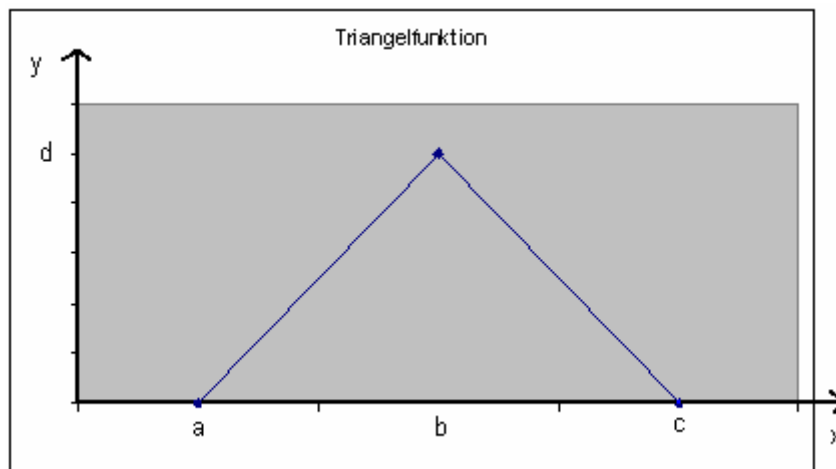
Vid utvärdering av enkäten valde vi att vara restriktiva och försökte begränsa korrelationskoefficienten nedåt eftersom en hög korrelationskoefficient gör att osäkerheten hos försäljningspriset ökar. Detta leder till att det blir svårare att utvärdera försäljningspriset vid användning av modellen. Nedan följer utvärderad korrelation, för fullständiga svar, se Appendix 7.

<u>Materialmängder</u>	Vald korrelation
Betong UB [m ³]-Betong ÖB [m ³]	0
Armering UB [ton]- Armering ÖB [ton]	0
Betong UB [m ³]- Armering UB [ton]	0.25
Betong ÖB [m ³]- Armering ÖB [ton]	0.25
Pålar [st]- Betong UB [m ³]	0.25
Pålar [st]- Armering UB [ton]	0.25
<u>Enhetstider</u>	
Betong UB [m ³]-Betong ÖB [m ³]	0.25
Armering UB [tim/ton]- Armering ÖB [tim/ton]	0.25

8.5 Från indata till fördelningsfunktion

För att kunna använda resultaten från mängduppföljningen som gjordes i kapitel 6 har medelvärde \bar{x} och standardavvikelse σ anpassats till de triangelfunktioner som vi har använt oss av. Triangelfunktionerna definieras genom minsta värde, troligt värde och största värde, se Figur 18 nedan. Minsta värde (a) och största värde (c) är okända, medan det troliga värdet (b) är det värde som har beräknats fram överslagsmässigt i anbuds-kalkylens mängdberäkning.

En triangelfunktion definieras enligt nedan:



Figur 18. Exempel på triangelfunktion med gränsvärde a och c, samt troligt värde b

a = minsta värdet

b = troligt värde

c = maximalt värde

8.5.1 Triangelfunktionens tyngdpunkt

Tyngdpunkten i triangelfunktionen är samma värde som det viktade medelvärdet \bar{x} av materialmängden som togs fram i kap 6.3. Tyngdpunkten för en triangel definieras som:

$$\bar{x} = \frac{a+b+c}{3} \quad (8.3)$$

$$\Rightarrow c = 3 \cdot \bar{x} - a - b \quad (8.4)$$

där $b = 1$

För fullständig härledning se Appendix 8.

8.5.2 Anpassning av gränser a och c

Enligt kapitel 5.1 är standardavvikelsen för en triangelfunktion följande:

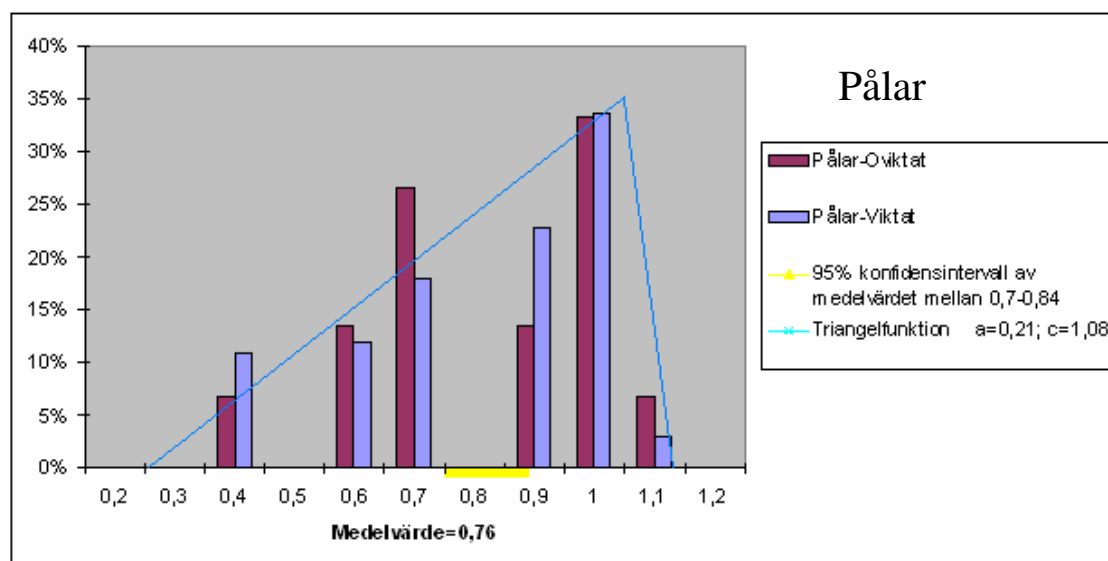
$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{18}(a^2 + b^2 + c^2 - ab - bc - ac)} \quad (8.5)$$

För fullständiga härledningar, se Appendix 8

Kända variabler är alltså troligt värde, $b = 1$ och tyngdpunkten, \bar{x} samt standardavvikelsen, σ från kap 6. För att få fram gränserna för a och c har ekvation (8.4) och (8.5) använts. Den övre gränsen (c) har bestämts med hjälp av passningsräkning genom prövning av olika värden på a så att standardavvikelsen, σ , överensstämmer med det från kapitel 6 kända värdet. Utifrån detta har de gränser för minsta och största värdet som ska gälla i triangelfunktionen för varje byggnadsdel erhållits, se Appendix 9. Variablerna, a , b och c har sedan multiplicerats med uppskattad materialmängd i anbudet för att få korrekt proportion.

8.6 Hjälp i modellen

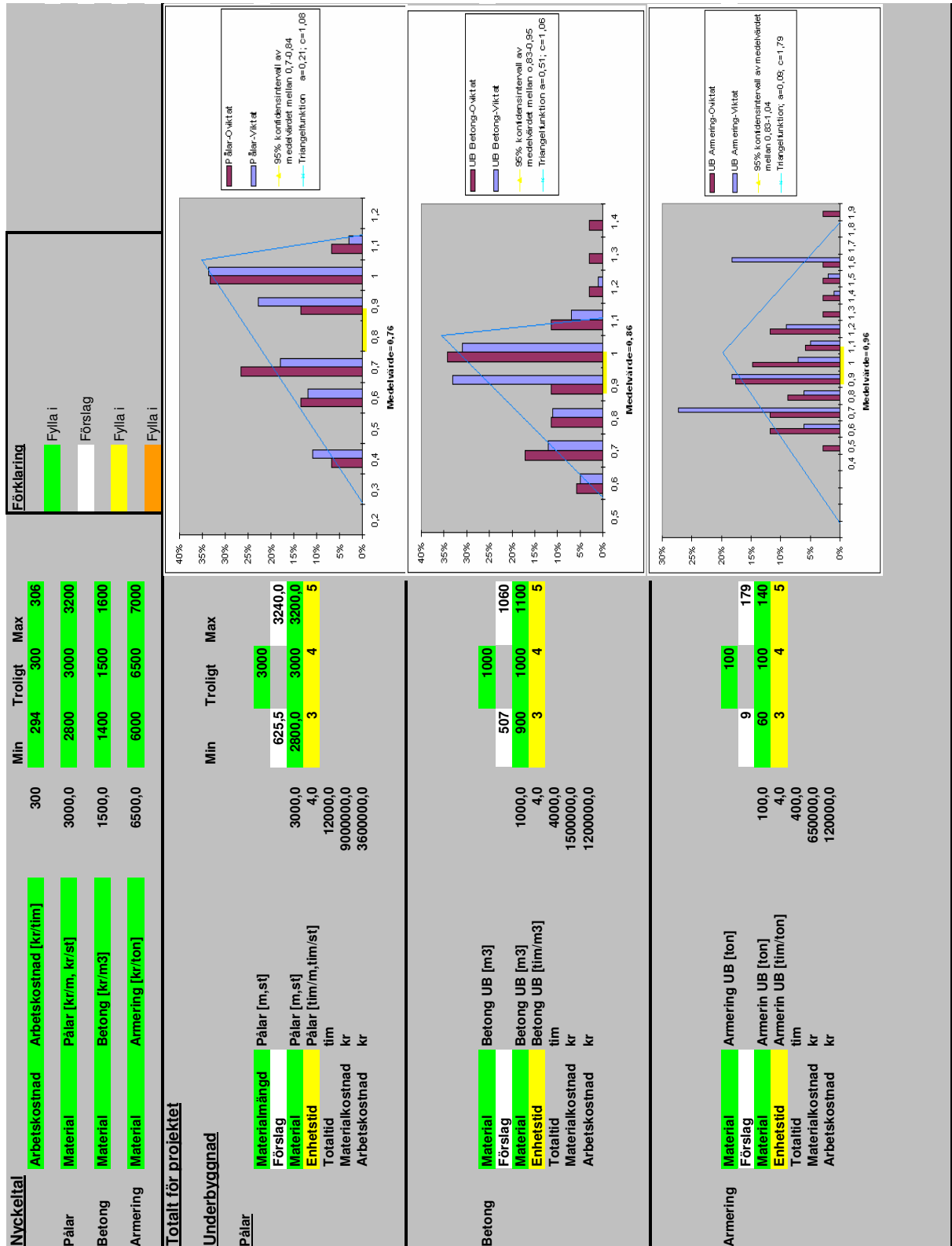
För att dra nytta av den information som har framkommit så här långt i rapporten och samtidigt göra det möjligt att använda den i modellen har all information samlats på ett och samma ställe, i ett diagram. Diagrammet innehåller både viktade och oviktade värden från mängduppföljningen. Medelvärde för var och en av byggnadsdelarna har skrivits in i diagrammen. Medelvärdets konfidensintervall som beräknades med hjälp av bootstrappen i kap 6.2.3 finns inritat på x-axeln. De gränser som togs fram genom matematiska beräkningar och som definierar vald frekvensfunktion (triangelfördelning) finns också inritade. All ovanstående information kan ses i Figur 19 nedan. För diagram över samtliga byggnadsdel, se Appendix 10.



Figur 19. Exempel på hjälpdigram som finns att tillgå i modellen.

8.7 Modellens utseende

Modellen är framarbetad i Excel och kan ses nedan:

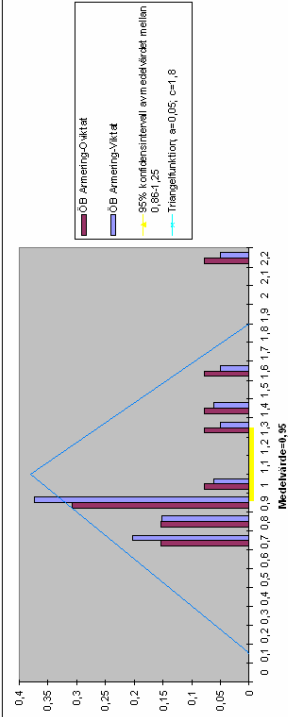
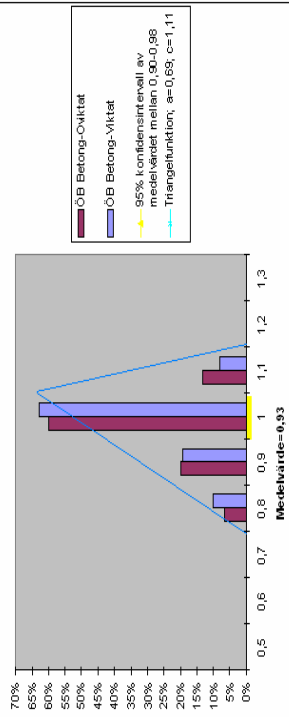


Överbyggnad

Betong	Material	Betong ÖB [m3]	1035	1500	1665
Förslag	Material	Betong ÖB [m3]	1400	1500	1600
Enhetsföd	Enhetsföd	Betong ÖB [tim/m3]	3	4	5
Totaltid		tim			
Materialkostnad		kr		6000,0	
Arbetskostnad		kr		22500000,0	18000000,0

Armering	Material	Armering ÖB [ton]	99	300	370,5
Förslag	Material	Armerin ÖB [ton]	250	300	350
Enhetsföd	Enhetsföd	Armerin ÖB [tim/ton]	3	4	5
Totaltid		tim			
Materialkostnad		kr		12000,0	
Arbetskostnad		kr		19500000,0	36000000,0

Summa direkta kostnader	Min	Troligt	Max
Summa allmänna kostnader	0	5000	10000
Justeringar	0,0	0	0
Kostnad APL	22435000,0		
Internleveranser	0,0		
CAK	7%		
CAK internle	2%		
CAK	1570450,0		
Självkostnad	24005450,0	Min	Troligt Max
Inköp	8000000,0	6000000	8000000 10000000
Index	0,0	0	0
Risker	3333333,3	2000000	3000000 5000000
Möjligheter	-3333333,3	-5E+06	-30000000 -2000000
Summa RoM, köp, index	8000000,0		
Vinst	1056179,9		
Försäkring	0,0		
FORSÄLJNINGSPRIS	33061629,9		



8.8 Simulering

För att kunna genomföra en simulering av den modell som byggts upp och erhålla en sannolikhetsfördelning för försäljningspriset var det nödvändigt att använda ett simuleringsverktyg. Vi valde @RISK som har en inbyggd slumpgenerator och är uppbyggd i Microsoft-Excel. I @RISK finns det möjlighet att definiera sannolikhetsfördelningar och dessutom visualiseras resultaten av simuleringarna på ett bra sätt i form av frekvensfunktioner. I Excel är det i normala fall endast möjligt att använda enstaka värden och inte hela funktioner. @RISK gör det möjligt att på ett enkelt sätt definiera en frekvensfunktion för respektive parameter.

Som beskrevs i kapitel 5.4 och 8.3.2. är det viktigt att beakta den korrelation som finns mellan parametrarna i vår modell. De utvärderade korrelationskoefficienterna fördes in i den korrelationsmatris som simuleringsverktyget använder.

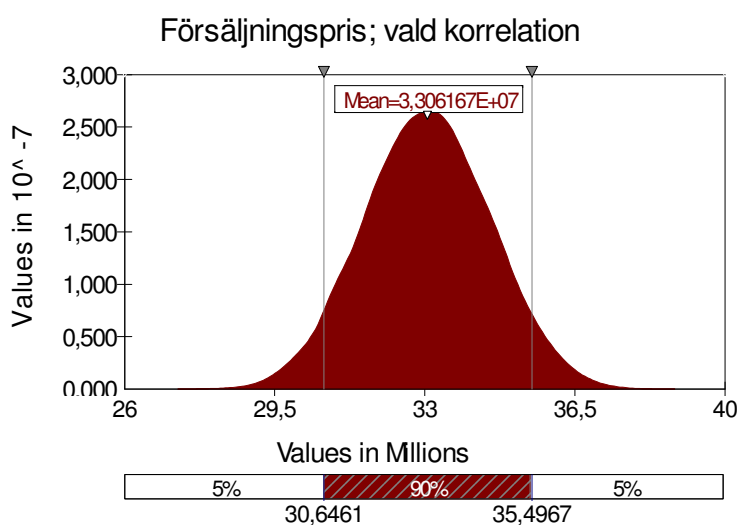
Av de simuleringstyper som beskrivits i kapitel 5.3, valde vi att använda Monte Carlo simulering. Då en simulering genomförs av den färdiga modellen fås det definierade försäljningspriset som summan av indata och visualiseras med en spridningsfördelning. För att få en uppfattning om vilka faktorer som har störst inverkan på försäljningspriset kan en känslighetsanalys göras. Denna visar exempelvis vilka byggnadsdelar som har störst påverkan på försäljningspriset.

8.9 Resultat

I detta avsnitt kan inga egentliga resultat visas då syftet med kapitlet var att ta fram en modell. Istället väljer vi att presentera hur resultatet från en simulering kan se ut genom att ”köra” ett påhittat exempel.

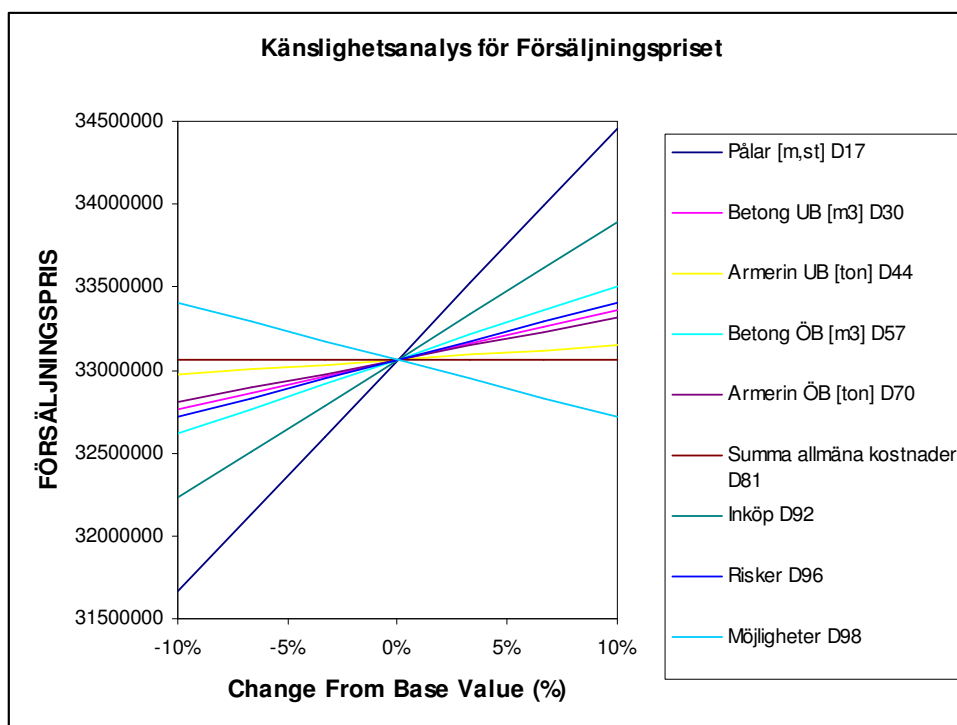
8.9.1 Simulering

För att visa hur ett resultat kan se ut genomfördes en provsimulering där utvärderad korrelation från enkätundersökningen fanns med, se Figur 20 nedan:



Figur 20. Försäljningspris för simulerat exempel.

Efter en körning av programmet kan resultatet enkelt avläsas och presenteras som en spridningsfördelning av försäljningspriset. Denna spridningsfördelning ska alltså entreprenören ha i åtanke då ett anbud prissätts. Det är upp till entreprenören att uppskatta vilken sannolikhet som kan godtas då ett projekt prissätts. Visualiserad spridning i Figur 20 ovan skall jämföras med det anbudspris som har beräknats fram på traditionellt sätt. Försäljningsprisets frekvensfördelning ska fungera som ett komplement vid en anbudsgenomgång för att få en förståelse för hur stora risker och osäkerheter projektet är förenat med. För att ha möjlighet att bedöma vilka delar i modellen som är mest känsliga för förändring valde vi att göra en känslighetsanalys. I känslighetsanalysen är varje parameter representerad av en rät linje. Den linje som har störst lutning är känsligast. För simulerat exempel är Pålar den parameter som är känsligast för förändring, se Figur 21.



Figur 21. Känslighetsanalys för simulerat exempel.

8.9.2 Användarmanual

För att underlätta användandet av modellen har en användarmanual utformats. I manualen framgår vilka delar som användaren själv ska ”fylla i”, vilken hjälp från genomförd undersökning som finns att tillgå, samt hur försäljningsprisets spridningsfördelning ska tolkas. Manualen kan ses i Appendix 12.

8.10 Diskussion och slutsatser

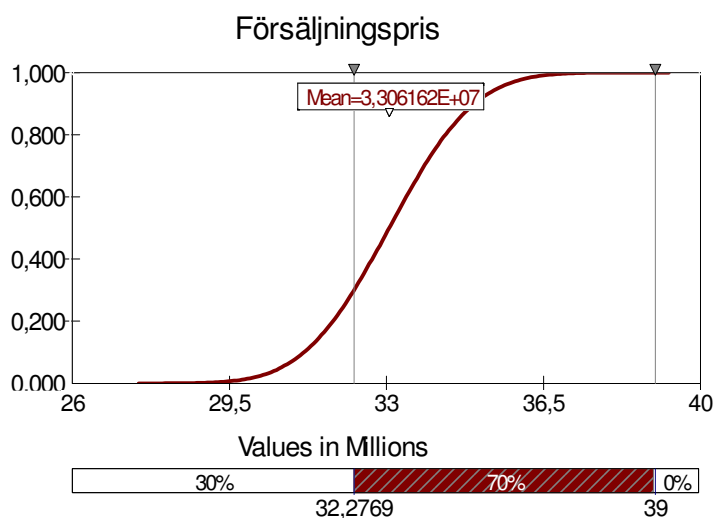
En av de största fördelarna med modellen är att den ger rekommendationer till användaren utifrån genomförd projektuppföljning av materialmängdernas avvikelser. Detta innebär att modellen inte enbart bygger på erfarenhet hos användaren utan även består av information om hur tidigare projekt har gått. Vidare är modellen uppbyggd på samma sätt som en anbuds kalkyl vilket gör att den förhoppningsvis inte kommer att upplevas som obegriplig eller främmande. Användaren kan påverka utdata, d.v.s. försäljningsprisets spridning. Om en liten spridning önskas måste även spridningen hos indata vara liten. Försäljningspriset presenteras på ett överskådligt sätt och det finns möjlighet att göra en känslighetsanalys för att se vilka indata som har störst inverkan på försäljningspriset.

En av modellens nackdelar är att den för tillfället bygger på indata som till viss del är bristfällig för en del byggnadsdelar. För exempelvis Pålar har det funnits för få projekt att tillgå för att kunna erhålla tillförlitliga resultat. Modellens enkla uppbyggnad kan bli ett problem om kostnader förbises på grund av att modellens indelning är för grov.

Dessutom kan det bli problem vid implementering av modellen, då människan ibland har en tendens att tycka att allt nytt och okänt är besvärligt vilket leder till att modellen inte tas i bruk.

De förslag på gränsvärden a och c som finns att tillgå i modellen ska fungera som ett komplement till den erfarenhet som användaren besitter. Risker är att användaren antingen litar blint på gränserna eller att han/hon förkastar dem helt och förlitar sig på sin egen erfarenhet. I första fallet erhålls en alltför stor spridning, vilket gör att det blir svårare att utvärdera projektets försäljningspris. Om användaren istället agerar enligt det andra fallet försvinner syftet med modellen; att kunna dra nytta av hur projektet har gått historiskt sett.

Modellen är tänkt att användas vid en slutlig genomgång innan anbudet lämnas till beställaren. En anbudsberäkning ska då vara genomförd som vanligt och modellen ska fungera som ett komplement för att bedöma om det beräknade priset är rätt i förhållande till konkurrerande entreprenörer. I detta skede måste entreprenören ta ställning till med vilken sannolikhet anbudssumman överskrider som kan accepteras, se Figur 22 nedan. Det viktiga då ett försäljningspris bestäms är egentligen inte vad projektet kostar utan vad marknaden är beredd att betala och hur priset är satt i förhållande till konkurrenterna. En kompetent entreprenör känner av marknaden och bedömer utifrån det vilket försäljningspris som är lämpligt för det specifika projektet.

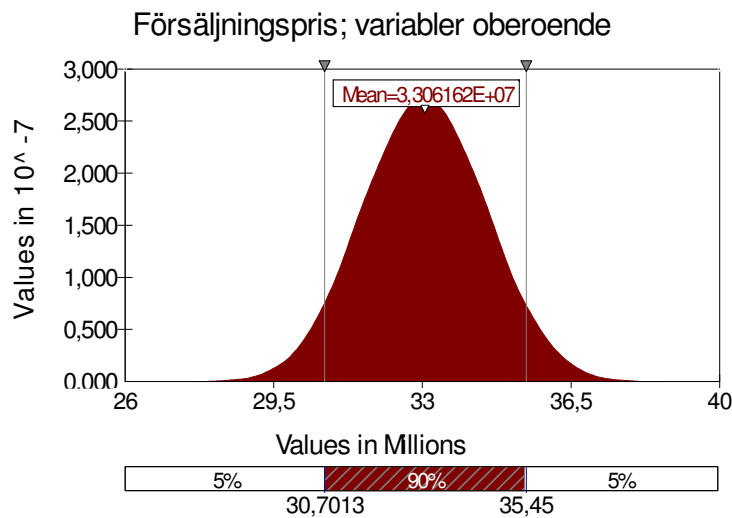


Figur 22. Fördelningsfunktion över försäljningspriset

Som framgick i kapitel 5.4 är det av stor vikt att känna till de samband som kan tänkas existera i den framtagna modellen. Vid utvärdering av enkäten framkom att det inte är helt lätt att klarlägga dessa samband och därför bedömdes korrelationskoefficienterna restriktivt. För att få en känsla för hur en förändring av korrelationskoefficienterna påverkar försäljningspriset genomfördes två simuleringar, en då $r = 0$ och en då $r = 0,75$.

8.10.1 Korrelation $r = 0$

Om det inte hade funnits någon korrelation mellan modellens parametrar hade försäljningspriset fått följande utseende:

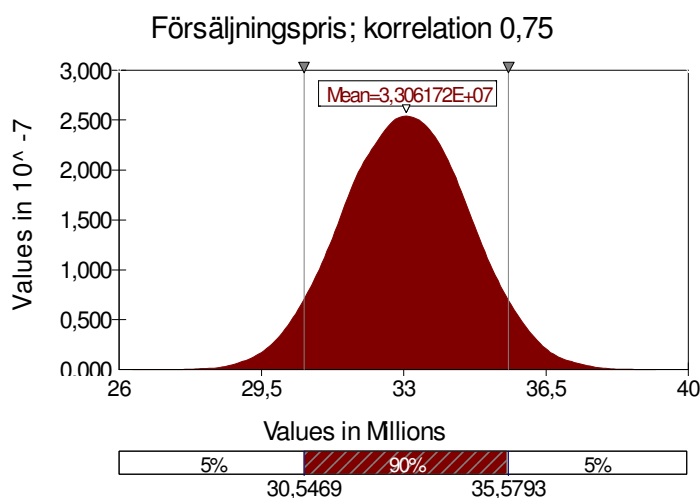


Figur 23. Försäljningspris då $r = 0$

Som framgår av Figur 23 är medelvärdet oförändrat, men spridningen minskar dock, jämför med Figur 20.

8.10.2 Korrelation $r = 0,75$

Om modellens korrelerade parametrar hade haft en korrelation $r = 0,75$ istället för vald korrelation $r = 0,25$ får försäljningspriset följande utseende:



Figur 24. Försäljningspris då $r = 0,75$

Medelvärdet är fortfarande detsamma, men spridningen är större än för fallet med korrelation $r = 0,25$. Se Figur 24.

Tabell 8.2. Sammanställning av medelvärde och standardavvikelse

	\bar{x}	σ
$r = 0,25$	33,06 milj kr	1472787 kr
$r = 0$	33,06 milj kr	1444064 kr
$r = 0,75$	33,06 milj kr	1524443 kr

8.10.3 Kommentar

Då korrelationskoefficienten sattes till $r = 0,75$ erhålls den största standardavvikelsen medan den minsta standardavvikelsen fås då parametrarna är oberoende, $r = 0$. Då olika former av korrelation beaktas i modellen förändras inte försäljningsprisets spridning nämnvärt. Vi jämförelse av Figur 20 och Figur 23 framgår det att det, för ett 90 procent konfidensintervall, skiljer ungefär 100 000 kr mellan en simulering med vald korrelation (0.25) och en simulering med oberoende parametrar. De kan i det här sammanhanget tyckas att detta är en liten summa, men det är belopp i den här storleksordningen som kan avgöra om ett projekt får utföras eller inte.

9 Diskussion

Genomförd undersökning av materialmängdernas avvikelse från anbud till färdig produkt visar att entreprenören i anbudsstadiet räknar med för stora materialmängder. Som tidigare visats i rapporten är denna avvikelse i genomsnitt mellan 4-24 procent för de projekt som jämförts. Resultaten från undersökningen visar att medelvärdena för byggnadsdelarna UB Armering, ÖB Betong och ÖB Armering ligger nära kvoten 1 vilket vi anser vara godtagbart. Dock anser vi att spridningen för samtliga indata, förutom Betong ÖB, är för stor. Att helt undvika dessa avvikelser går inte, men att kvoterna har denna spridning, exempelvis för Armering UB mellan 0,5-1,9, kan inte anses vara acceptabelt. Det kan tyckas att det är bra att samtliga materialslag har en kvot under 1, eftersom kostnaden på så sätt blir lägre än vad som beräknades i anbudet. Faktum är att detta innebär att anbudet utformas felaktigt och att entreprenören på så sätt förlorar i konkurrenskraft i de fall då anbudet prissätts för högt.

Av kap 1.1 framgick att flertalet byggprojekt får kostnadsöverskridanden. Vår studie har dock visat att materialmängderna generellt sett minskar från anbud till färdig produkt. För exempelvis Pålar är mängderna 76 procent av de som beräknades i anbudet. Om totalkostnaden för ett projekt ofta ökar, samtidigt som materialmängderna minskar borde detta innebära att det finns andra kalkylposter som ökar. Det vore intressant att veta om det är någon annan kostnadspost som ökar i förhållande till anbudet och vilken denna kostnadspost är. En reflektion som vi har gjort är att en minskning av materialmängder eventuellt ”kompenseras” av motsvarande ökning hos enhetstider, så att när de direkta kostnaderna för genomfört projekt summeras är de lika stora som i anbudet. Som framgick av enkätundersökningen är uppfattningen om enhetstider dock god, trots att det var länge sedan som uppföljningar gjordes. Om det är så att övriga kostnadsposter är likvärdiga i anbud och i slutlig produkt och entreprenören mot bakgrund av vår mängduppföljning kommer att reducera mängderna i anbudet borde det innebära att anbudspriset efter genomförd undersökning sänks.

Om entreprenören reducerar mängderna i anbudet men inte följer upp om det finns andra kalkylposter som inte stämmer kan detta innebära att modellen inte kommer leda till minskade osäkerheter. Det kan istället leda till att anbudspris sätt för lågt och om projektet får utföras kommer det att gå med förlust. Genom att göra ytterligare uppföljningar finns en möjlighet att minska osäkerheter i anbudet så att entreprenören får bättre träffsäkerhet och eventuellt får utföra fler projekt. Med detta som utgångspunkt vore det intressant att ta reda på om de totala kostnaderna i anbudsstadiet motsvaras av de i slutlig produkt eller om kostnaderna skiljer sig åt.

Genomförd uppföljning borde inte enbart reducera materialmängder utan även andra kalkylposter. Till exempel det risktillägg som kalkylering på ”säkra sidan” medför skulle kunna minskas. Uppföljningen borde också leda till att kalkylering inte längre sker under osäkerhet utan under risk eller till och med under säkerhet.

Den bild som har försökt ges i rapporten är att det vid upprättande av anbud finns många parametrar som påverkar dels utformandet av anbudet, och dels produktionen och den slutliga produkten. I enkätundersökningen gällande projektering framkom en intressant kommentar; då projektören/konstruktören får för lite tid vid projektering

blir dimensionerna oftast för stora. Om detta hårddras innebär ovanstående att projektörer/konstruktörer oftast har för lite tid på sig i projekteringsfasen och resultatet blir således att mängderna dimensioneras för stora i anbudet, vilket de resultat som framkom i kapitel 6 har visat. Ytterligare en kommentar från enkätundersökningen är att detaljeringsgraden är olika i anbuds- och detaljprojekteringen, exempelvis används mer avancerad programvara i detaljprojekteringen och detta kan vara en anledning till att materialmängder kan avvika.

Resultaten av genomförd mängduppföljning har utnyttjats i uppbyggnaden av en modell. Modellen har utformats så att användaren kan bestämma osäkerheten hos olika kalkyldelar som sedan summeras med respektive spridning till en totalsumma, vilket ger en sammanvägd total osäkerhet. Tanken är att modellen ska användas vid en slutlig genomgång innan ett anbud lämnas till byggherre. En anbudsberäkning ska vara genomförd som vanligt och vår modell ska fungera som ett komplement för att bedöma om det beräknade priset är rätt och om den osäkerhet som priset är förenat med kan godtas.

En av de största fördelarna med modellen är att den nyttjar genomförda uppföljningar av projekten och ger rekommendationer till användaren utifrån det. Modellen är uppbyggd på samma sätt som en anbuds-kalkyl vilket gör att den förhoppningsvis inte kommer att upplevas som obegriplig eller främmande. Användaren kan själv bestämma värdena på modellens indata och har även möjlighet att påverka utdata, d.v.s. försäljningspriset så att om en liten spridning önskas måste även indatas spridning vara liten. Försäljningspriset presenteras sedan på ett överskådligt sätt i form av en frekvensfunktion. Det finns även möjlighet att göra en känslighetsanalys, för att se vilka indata som har störst inverkan på försäljningspriset för det specifika projektet.

Modellens enkla uppbyggnad kan dock bli ett problem om kostnader förbises p.g.a. att modellens indelning är för grov. Dessutom kan det bli problem vid implementering av modellen, då människan ibland har en tendens att tycka allt nytt och okänt är besvärligt vilket leder till att modellen inte tas i bruk. En annan svaghet kan vara att det kan finnas bristande tillförlitlighet i insamlad data. Mängden indata motsvarar inte de rekommendationer som föreskrivs, för att resultaten ska få tillförlitlighet. Enbart två av fem byggnadsdelar motsvarar rekommendationerna, för de övriga tre är antalet uppföljda projekt i minsta laget. Trots indatas kvalitet erhålls en betydligt bättre bild av hur verkligheten ser ut än om inga uppföljningar hade gjorts överhuvudtaget. Det statistiska underlaget kan användas trots att kvaliteten på indata inte är optimal. Det viktiga är att den granskas kritiskt och att det finns en medvetenhet om problematiken vid beslutsfattande.

10 Slutsatser och rekommendationer

Slutligen kan det konstateras att uppkomsten till materialmängdernas avvikelser bör fastställas. Drömscenariot vore att förhållandet mellan materialmängder i anbud och färdig produkt är 1. När det nu är konstaterat att materialmängderna generellt sett minskar bör det följas upp om det är några kalkylposter som har kostnadsöverskridanden jämfört med anbudet. Mot bakgrund av detta och i kombination med de svar som framkom i enkäten bör de enhetstider som förekommer i bro- och tunnelprojekt följas upp.

Den utformade modellen kan bli ett bra hjälpmedel vid anbudsbedömning om den används på rätt sätt och i rätt syfte. Det är viktigt att förstå att resultaten som fås ur modellen helt och hållet bygger på de indata som användaren väljer att knappa in. Stor spridning i indata medför stor spridning för försäljningspriset. Användaren bör dock inte lita blint på modellen då indata inte motsvarar uppföljningar från ”alla” utförda projekt utan från en liten del. Detta gör att det inte går att utesluta att de avvikelser som har konstaterats kan förändras då fler uppföljningar görs.

För att testa riktigheten i framtagna modell bör den användas vid en anbudsgenomgång. Det försäljningspris som modellen ger noteras, men vid anbudslämnande används det försäljningspris som beräknades fram med traditionellt tillvägagångssätt. När projektet är avslutat och en uppföljning av projektet är genomförd jämförs modellens resultat med det verkliga resultatet. Först då kan det avgöras om modellen är tillförlitlig och om den på ett bra sätt beskriver de osäkerheter som är förenade med ett projekts kostnad i anbudsstadiet.

Vi föreslår att kontinuerliga uppföljningar efter varje projekt görs för att förbättra modellen och dess indata. Rapporten är tänkt att vara början till en iterativ process där uppföljningar från utförda projekt görs, vilket leder till att modellen successivt förbättras. Om bättre kännedom erhålls om de risker som finns i anbudsskedet kan dessa slutsatser vara en hjälp vid framtida anbudsgivning.

11 Referenser

- Ahlenius, E (1999): Om lönsam och effektiv riskhantering. *Väg och Vattenbyggaren*, nr 1 1999, 27 pp.
- Alén, Claes. Biträdande professor, avd Geologi och geoteknik. Institutionen Bygg och Miljöteknik. Chalmers. Göteborg, muntl. 2006-11-10.
- Andersson, G. (1997): *Kalkyler som beslutsunderlag*. 4 uppl. Studentlitteratur, Lund, 38 pp.
- Banverket Västra banregionen, (2006) *Förstudie ny hamnbana, Underlagsrapport BVRT 2006:02-13 Kostnadsbedömningar*.
www.banverket.se/upload/pdf/jarnvagsnatet/Goteborg/Hamnbanan/Förstudie%202005-/Kostnadsbedomningar_060213.pdf, inloggad: 2006-12-11.
- Bryman, A. (2001): *Samhällsvetenskapliga metoder*. Liber Ekonomi, Malmö.
- Dahmström, K. (2005): *Från datainsamling till rapport - att göra en statistisk undersökning*. 4 uppl. Studentlitteratur, Lund.
- Davidsson, M. et al. (2005): *Optimering av bro- och anläggningskonstruktioner Implementering av optimeringsmetoder i verkliga projekt*. FoU-projekt SBUF, Göteborg.
- Dudt, J.P. (2006): *Decision Aids for Tunneling*. LMR, Laboratoire de Mécanique des Roches, lmrwww.epfl.ch/doc/RECH_060213_EN_JPD_ADCT.pdf, inloggad: 2006-12-13.
- FIDIC (1994): *Dealing with risk: managing expectations*. FIDIC, Lausanne Switzerland.
- Friblick, F. (2003): Sådan du visste att du inte vet. *Väg och Vattenbyggaren*, nr 6 2003, pp 40-41.
- Hamilton, G (1996): *Risk Management*. 2000. Studentlitteratur, Lund, 12, 86 pp.
- Hansson, S. & Nilsson, S-Å. (2003): *Produktkalkylering*. Liber AB, Malmö, 39 pp.
- Hassel, M. & Långström, A. (2004): *Costs for tendering in construction-a case study on a housing project*. Master's Thesis 2004:5, Buildings Economics and Management, Chalmers University of Technology, Göteborg, 2004, pp. 9-10.
- Hjorth, U. (1998): *Statistisk slutledning i ekonomi och teknik*. 3 uppl. Studentlitteratur, Lund, 7 pp.
- Holme, I.M. & Solvang, B.K. (1996): *Forskningsmetodik, om kvalitativa och kvantitativa metoder*. 2 uppl. Studentlitteratur, Lund.
- Håkansson, U. et al. (2006): *Erfarenheter av riskexponering vid totalentreprenader*. Rapport 11563 SBUF, Stockholm, pp. 15-24.

- http://www.sbuf.se/projectdocuments/info/11563/SBUF_11563_20060829.pdf,
inloggad: 2006-11-03.
- Isaksson, T. (2003): *Modell för beräkning av tider och kostnader för tunnelprojekt baserad på riskbedömning*. SveBeFo Rapport 63. Stiftelsen svensk bergteknisk forskning, Stockholm.
- Jagrén, L. (2004): *Infrastruktur- ekonomisk tillväxt - finansiering*. Sveriges Byggindustrier,
<http://www.bygg.org/files/publikationer/infrastruktur%5Fek%5Ftillvaxt%5Ffinansiering%5Fsammanfattningsrapport.pdf>, inloggad: 2006-09-21.
- Josephson, P-E. (1994): *Orsaker till fel i byggandet*. Ph.D. Thesis Institutionen för Byggnadsekonomi och byggnadsorganisation Chalmers tekniska högskola, pp 1, 14, 16. Report 40, Göteborg, 1994.
- Josephson, P-E. Saukkoriipi, L. (2005): *Slöseri i byggprojekt*. FoU-Väst Rapport 0507 Sveriges Byggindustrier, Centrum för Management i Byggsektorn, Göteborg, pp. 23-31, 47.
<http://cmb.vsect.chalmers.se/sidor/rapporter/S1%C3%B6seri%20i%20byggprojekt.pdf>, inloggad: 2006-11-17.
- IVF Industrieforskning och utveckling AB. (2002): *Successiva kalkylmetoden - kostnadsberäkning under osäkra villkor*.
<http://lotsen.ivf.se/default.asp?path=/KonsLotsen/Bok/Kap4/kap4.htm>, inloggad: 2006-12-13.
- Körner, S & Wahlgren L. (2002): *Praktisk statistik*. 3 uppl. Studentlitteratur, Lund, pp.147-165.
- Matourek, M. (1985): A System for a Detailed Analysis of Structural Failures ur Yao, J T P, Corotis, R, Brown, C B och Moses, F (ed.), *Structural Safety Studies, Proceedings, 3rd International Conference on Structural Safety and Reliability*, American Society of Civil Engineers, Denver, Colorado.
- Matstoms, P. & Björketun, U. (2003): *VTI Notat 14-2003 Osäkerhetsanalys för Sampers*. VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut, Linköping, pp. 9, 19.
www.vti.se/EPiBrowser/Publikationer/N14-2003.pdf, inloggad: 2006-12-15.
- Nordstrand, U. (2000): *Byggprocessen*. 3 uppl. Liber AB, Stockholm.
- Palisade Corporation (2002): *@Risk Advanced Risk Analysis for Spreadsheets*. Newfield, NY, USA, pp.
- Piegorsch, W.W. & Bailer, A. J. (1997): *Statistics for environmental biology and toxicology*, 1 uppl. Chapman & Hall, London, pp. 71-72.
- Produktionsstyrning på bygget. 2. Kalkyl - Anbud*, (1995) Utg. av Byggentreprenörerna. Stockholm.
- Råde, L. (1992): *Inledning till sannolikhetslära och statistik*. Studentlitteratur, Lund, pp. 13-14.

- Rudemo, M. & Råde, L. (1965): *Sannolikhetslära och statistik med tekniska tillämpningar*. Biblioteksförlaget, Stockholm, 100 pp.
- Sveriges Byggindustrier. (2005): *Fakta om byggandet 2005*, <http://www.bygg.org/files/marknad/FOB%202005.pdf>, inloggad: 2006-09-21.
- Sällfors, G. (1990): *Punktskattningsmetoden*. Geohydrologiska forskningsgruppen, Göteborg.
- Särkkä, Aila. Docent. Matematisk statistik, Chalmers, muntl. 2006-11-27.
- Söderberg, J. (2005): *Att upphandla byggprojekt*. 5 uppl. Studentlitteratur, Lund.
- Teknomo, K. <http://people.revoledu.com/kardi/tutorial/Bootstrap/examples.htm>, inloggad: 2006-11-28.
- Viberg, L. et al. (2002): Geoekonomi för järnvägsbyggande i tidiga planeringsskeden. *Väg- och vattenbyggaren*, nr 4 2002, pp. 9-13.
- Vägverket (1996): *Broprojektering - en handbok*. Publikation 1996:63 http://www.vv.se/filer/14353/kap1_kap5_Broproj_handbok_VVpubl1996_63.pdf, inloggad: 2006-09-10.
- Vägverket (2001):, *Broar och tunnlar inför 2000-talet*. Publikation 2001:18 http://www.vv.se/filer/publikationer/Broar_tunnlar.pdf, Inloggad: 2006-09-21.
- Vännman, K. (1990): *Matematisk statistik*. 3 uppl. Studentlitteratur, Lund. pp. 92, 119.

Bilder

- Figur 1 Öresundsbron, 070130
<http://www.kobenhavn.se/framesmaster.htm?http://www.kobenhavn.se/transport.htm>
- Figur 2 Bro över Columbia River i Kennewick, 070123
http://www.trekearth.com/gallery/North_America/photo145347.htm
- Figur 3 VV hemsida publikation 1996:63 s.36, 061025
- Figur 4 VV hemsida publikation 1996:63 s.36, 061025
- Figur 5 Tunnel i Taiwan, 070123
<http://www.travelblog.org/Photos/60974.html> (tunnlar)
- Figur 6 Punktskattningsmetoden s.3, Sällfors, G. (1990)

- Figur 7 Normalfördelning från resultatfönstret i @RISK.
- Figur 8 Beta-fördelning från resultatfönstret i @RISK.
- Figur 9 Triangelfördelning från resultatfönstret i @RISK.
- Figur 10 Visar medelvärden för bootstrap i histogramform.
- Figur 11 Korrelationskoefficienter från @RISK.
- Figur 12 Exempel på oviktad indata för pålar.
- Figur 13 Exempel på oviktade och viktade värden för Pålar.
- Figur 14 Från genomförd bootstrap av Pålar.
- Figur 15 Triangelfördelningsspridning.
- Figur 16 Oberoende korrelation från @RISK
- Figur 17 100% korrelation från @RISK
- Figur 18 Exempel på triangelfunktion.
- Figur 19 Exempel på hjälpdigram i modellen.
- Figur 20 Försäljningspris för simulerat exempel, @RISK
- Figur 21 Känslighetsanalys för simulerat exempel, @RISK
- Figur 22 Fördelningsfunktion från @RISK
- Figur 23 Försäljningspris för simulerat exempel, $r = 0$, @RISK
- Figur 24 Försäljningspris för simulerat exempel, $r = 0.75$, @RISK

12 Appendix

12.1 Appendix 1-Indata

Indata har samlats in från genomförda projekt och har behandlats på så sätt att $Kvot = \frac{\text{Mängd i färdigt projekt}}{\text{Mängd i anbudet}}$. Projekten har delats upp i Pålar, Betong och Armering i underbyggnad, samt Betong och Armering i Överbyggnad.

Av de insamlade projekten har det inte varit möjligt att använda alla då dessa på ett eller annat sätt har varit ofullkomliga:

- * 2 st av projekten saknade tillräcklig information för att användas i vår rapport och finns därför inte med i följande sammanställning.
- * 1 st projekt (nr 8) har bristande information för vår rapport varför detta inte har använts.
- * 1 st projekt hade påverkats av geotekniska avvikelser och valdes därför bort enligt avgränsningarna
- * 1 st projekt (nr 39) har så stora avvikelser som bedömdes orimliga att ha orsakats av överslagsberäkningarna, och valdes därför bort trots att inga orsaker om varför är kända, (gråmarkerad).
- * Byggnadsdelen Stålkärne/stålrörspålar har valts bort för att denna innehöll för få projekt, (gråmarkerad)
- * Byggnadsdelen Spänningsarmering/stål har valts bort dels för att det fanns för få projekt detta ingick, och dels för att det vanligen är underentreprenörer som står för produktionen av Spänningsarmering/stål, (gråmarkerad).
- * De konstruktionskonsulter som har räknat på projekten förekommer i blandad omfattning. Eftersom de flesta förekommer för få gånger har dessa valts bort i rapporten och således kommer indata endast från en entreprenör.

Totalt har 41 kvarvarande projekt använts i studien och fördelningen mellan materialslag och konstruktionskonsulter ser ut enligt följande:

Totalt antal uppföljda projekt	
Pålar [st, m] (SP2 270, A900, B600)	
Skanska BLI VV konsult Inhouse Tech	15 st Skanska 4 st BLI 1 st VV konsult 1 st Inhouse Tech
Stålkärne/Stålrörs-pålar	
Skanska	1 st Skanska
Underbyggnad	
<u>Betong</u>	
Skanska ELU BLI VV konsult COWI Consult Inhouse Tech	36 st Skanska 1 st ELU 5 st BLI 1 st VV konsult 1 st COWI Consult 1 st Inhouse Tech
<u>Armering</u>	
Skanska ELU BLI VV konsult Inhouse Tech	35 st Skanska 1 st ELU 5 st BLI 1 st VV konsult 1 st Inhouse Tech
Overbyggnad	
<u>Betong</u>	
Skanska BLI VV konsult Inhouse Tech	15 st Skanska 3 st BLI 1 st VV konsult 1 st Inhouse Tech
<u>Armering</u>	
Skanska BLI VV konsult Inhouse Tech	13 st Skanska 3 st BLI 1 st VV konsult 1 st Inhouse Tech
Spännarmering/Stål	
Skanska BLI VV konsult	8 st Skanska 2 st BLI 1 st VV konsult

Projekt	1			2		
	st /m3 /ton	% mängd	kg/m3	st /m3 /ton	% mängd	kg/m3
Pålar [st, m] (SP2 270, A900, B600)				66		
Skanska BLI VV konsult Inhouse Tech				70	5,7%	
Stålkärne/stålrörs-pålar	3036 m					
Skanska	5346	43,2%				
Underbyggnad						
Betong [m3]	4990		63	211		84
Skanska ELU BLI VV konsult COWI Consult Inhouse Tech	5625	11,3%	89	206	-2,4%	89
Armering [ton]	315		63	17,8		84
Skanska ELU BLI VV konsult Inhouse Tech	500	37,0%	89	18,3	2,7%	89
Overbyggnad						
Betong [m3]				818		65
Skanska BLI VV konsult Inhouse Tech				818	0%	69
Armering [ton]				53		65
Skanska BLI VV konsult Inhouse Tech				56,3	5,9%	69
Spännarmering/Stål				2103 m		
Skanska BLI VV konsult				2200	4,4%	

3			4			5		
st /m3 /ton	% mängd	kg/m3	st /m3 /ton	% mängd	kg/m3	st /m3 /ton	% mängd	kg/m3
56			42			166		
56	0%		44	4,5%		180	7,8%	
54	-3,7%		42	0%		176	5,7%	
88,6		100	90		43	376,9		103
88,6	0%	55	90	0	70	380	0,8%	102
108,3	18,2%	69	93	3,2%	55	386,2	2,4%	86
8,9		100	3,9		43	38,7		103
4,9	-81,6%	55	6,3	38,1%	70	38,7	0%	102
7,5	-18,7%	69	5,1	23,5%	55	33,4	-15,9%	86
379		101				1008		60
375	-1,1%	115				1008	0%	95
366	-3,6%	125				980	-2,9%	92
38,3		101				60,7		60
43,1	11,1%	115				96	36,8%	95
45,6	16,0%	125				90	32,6%	92
						20		
						28,5	29,8%	
						31,5	36,5%	

6				7				8			
st /m3 /ton	% mängd	kg/m3		st /m3 /ton	% mängd	kg/m3		st /m3 /ton	% mängd	kg/m3	
136								148 st			
150	9,3%							172	14,0%		
145	6,2%										
375,8		107		76		114		518,9		88	
375	-0,2%	107		76	0%	88				100	
379,4	0,9%	87		91	16,5%	79					
40,2		107		8,7		114		45,42		88	
40	-0,5%	107		6,7	-29,9%	88				100	
33,1	-21,5%	87		7,2	-20,8%	79					
1061		59						753,9		151	
1061	0%	93								127	
1010	-5,0%	91									
62,5		59						113,57		151	
98,9	36,8%	93								127	
92	32,1%	91									
21,4											
28,8	25,7%										
32,6	34,4%										

9				10				11						
st	/m3	/ton	% mängd	kg/m3	st	/m3	/ton	% mängd	kg/m3	st	/m3	/ton	% mängd	kg/m3
										60				
										71			15,5%	
32476				93						443				99
36791		11,7%		107						395		-12,2%		99
3021				93	62,42					44				99
3945		23,4%		107	41,85		-49,2%			39		-12,8%		99
										501				198
										494		-1,4%		200
										99				198
										99		0		200
										189				
										196			3,6%	

12				13				14			
st /m3	/ton	% mängd	kg/m3	st /m3	/ton	% mängd	kg/m3	st /m3	/ton	% mängd	kg/m3
274,6			65	13,2				7,3			
305,7	10,2%		98	14,1	6,4%			5,9	-23,7%		
17,75			65								
30,1	41,0%		98								
578,5			74	9,2				64,2			
590,4	2,0%		86	11	16,4%			69,7	7,9%		
42,85			74								
51	16,0%		86								
958 m				11 ton							
998	4,0%			11,6	5,2%						

15	16	17
st /m3 /ton % mängd kg/m3	st /m3 /ton % mängd kg/m3	st /m3 /ton % mängd kg/m3
58		
92 37,0%		
375,2 92	110,8 112	71,4 122
	161,2 31,3% 125	103,6 31,1% 134
388,5 3,4% 119		
34,6 92	12,4 112	8,7 122
	20,2 38,6% 125	13,9 37,4% 134
46,3 25,3% 119		
393 167	123,9 116	534,4 80
	138,5 10,5% 140	587,5 9,0% 85
518 24,1% 156		
65,5 167	14,4 116	42,5 80
	19,4 25,8% 140	49,7 14,5% 85
81 19,1% 156		
		1043
		1056 1,2%

18			19			20		
st /m3 /ton	% mängd	kg/m3	st /m3 /ton	% mängd	kg/m3	st /m3 /ton	% mängd	kg/m3
			147			47		
			170	13,5%		44	-6,8%	
273		143	984		117	492		73
280	2,5%	103	1069	8,0%	121	469	-4,9%	96
39		143	115		117	35,7		73
28,8	-35,4%	103	129	10,9%	121	45	20,7%	96
536		205	1395		130	491		138
566	5,3%	92	1737	19,7%	121	494	0,6%	89
110		205	181,4		130	68		138
52	-111,5%	92	210	13,6%	121	44	-54,5%	89
						15		
						15	0%	

21			22			23		
st /m3 /ton	% mängd	kg/m3	st /m3 /ton	% mängd	kg/m3	st /m3 /ton	% mängd	kg/m3
18								
28	35,7%							
760		80	401		124	358		199
777	2,2%	91	584	31,3%	105	558	35,8%	108
60,8		80	49,8		124	71,3		199
71	14,4%	91	61,3	18,8%	105	60	-18,8%	108
651		119	782		124	361		168
653	0,3%	89	984	20,5%	126	343	-5,2%	146
77,5		119	97		124	60,5		168
58	-33,6%	89	124	21,8%	126	50	-21,0%	146
17								
17	0%							

24				25				26			
st /m3 /ton	% mängd	kg/m3		st /m3 /ton	% mängd	kg/m3		st /m3 /ton	% mängd	kg/m3	
3065		186		178		90		526		106	
3299	7,1%	112		204	12,7%	93		823	36,1%	94	
571		186		16		90		56		106	
370	-54,3%	112		19	15,8%	93		77	27,3%	94	

27				28				29			
st /m3 /ton	% mängd	kg/m3		st /m3 /ton	% mängd	kg/m3		st /m3 /ton	% mängd	ton/m3	
								53			
								78	32,1%		
88		91		94		74		257		93	
112	21,4%	89		136	30,9%	88		284	9,5%	88	
8		91		7		74		24		93	
10	20,0%	89		12	41,7%	88		25	4,0%	88	

30			31			32		
st /m3 /ton	% mängd	ton/m3	st /m3 /ton	% mängd	ton/m3	st /m3 /ton	% mängd	ton/m3
63			60					
160	60,6%		112	46,4%				
637		113	536		97	122		74
772	17,5%	87	524	-2,3%	88	89	-37,1%	90
72		113	52		97	9		74
67	-7,5%	87	46	-13,0%	88	8	-12,5%	90

33				34				35			
st /m3 /ton	% mängd	ton/m3		st /m3 /ton	% mängd	ton/m3		st /m3 /ton	% mängd	ton/m3	
35											
62	43,5%										
237		72		119		76		52		77	
206	-15,0%	87		124	4,0%	89		92	43,5%	87	
17		72		9		76		4		77	
18	5,6%	87		11	18,2%	89		8	50,0%	87	

36			37			38		
st /m3 /ton	% mängd	ton/m3	st /m3 /ton	% mängd	ton/m3	st /m3 /ton	% mängd	ton/m3
52			47					
84	38,1%		76	38,2%				
594		77	640		94	311		113
996	40,4%	87	855	25,1%	87	397	21,7%	88
46		77	60		94	35		113
87	47,1%	87	74	18,9%	87	35	0,0%	88

39				40				41			
st /m3	/ton	% mängd	ton/m3	st /m3	/ton	% mängd	ton/m3	st /m3	/ton	% mängd	ton/m3
583			57	166			60	535			148
163	-257,7%		86	175	5,1%		91	762	29,8%		87
33			57	10			60	79			148
14	-135,7%		86	16	37,5%		91	66	-19,7%		87

12.2 Appendix 2 - Oviktad indata

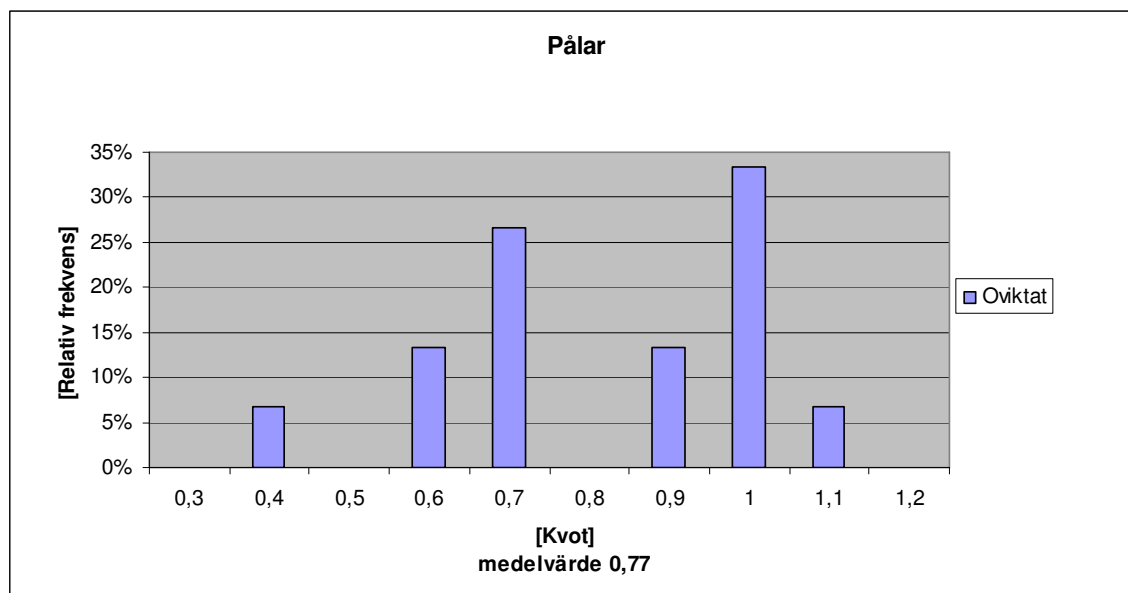
Visar oviktad indata för de olika byggnadsdelarna, samt histogram för dem. Indata finns redovisad som en Kvot=[Mängd i färdig produkt/Mängd i anbud].

Pålar

Oviktat

0,943
1,000
0,955
0,922
0,907
0,860
0,865
1,068
0,643
0,679
0,394
0,536
0,565
0,619
0,618

0,772 Xmedel
0,202 Std

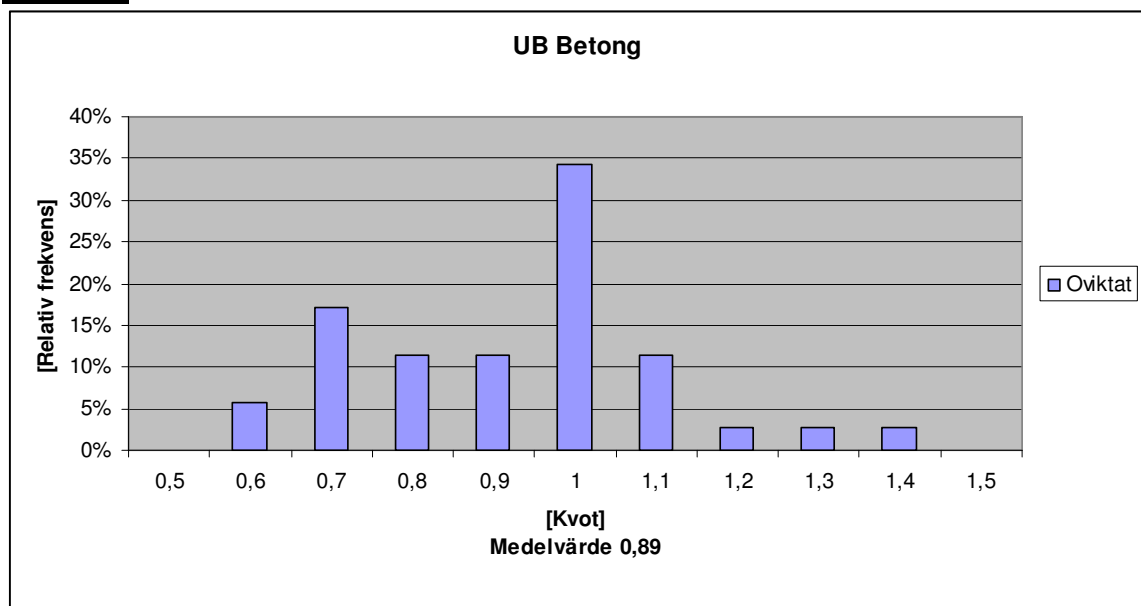


UB Betong

Oviktat

0,887
 1,024
 1,000
 1,000
 0,992
 1,002
 1,000
 0,898
 0,936
 1,237
 0,687
 0,689
 0,975
 0,920
 1,049
 0,978
 0,687
 0,642
 0,929
 0,873
 0,639
 0,786
 0,691
 0,905
 0,825
 1,023
 1,371
 1,150
 0,960
 0,565
 0,596
 0,749
 0,783
 0,949
 0,702

0,889 Xmedel
 0,182 Std

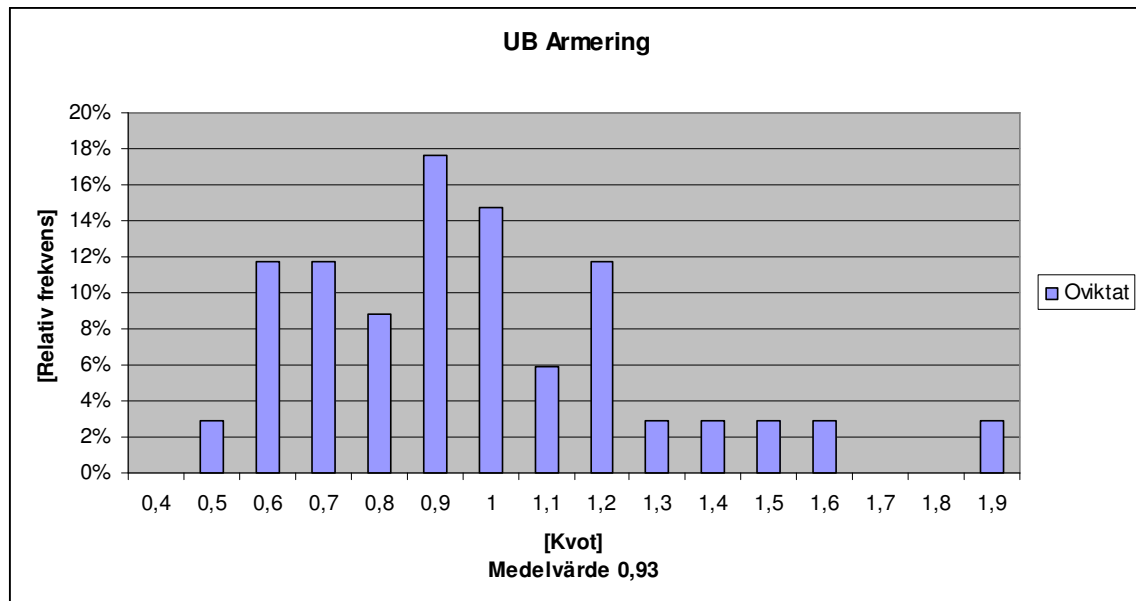


UB Armering

Oviktat

0,630
 0,973
 1,816
 0,565
 1,000
 1,005
 1,299
 1,489
 0,591
 0,614
 0,626
 1,354
 0,891
 0,793
 0,856
 0,812
 1,188
 1,543
 0,842
 0,727
 0,800
 0,583
 0,960
 1,075
 1,130
 1,125
 0,944
 0,818
 0,500
 0,529
 0,811
 1,000
 0,625
 1,197

0,933 Xmedel
 0,315 Std

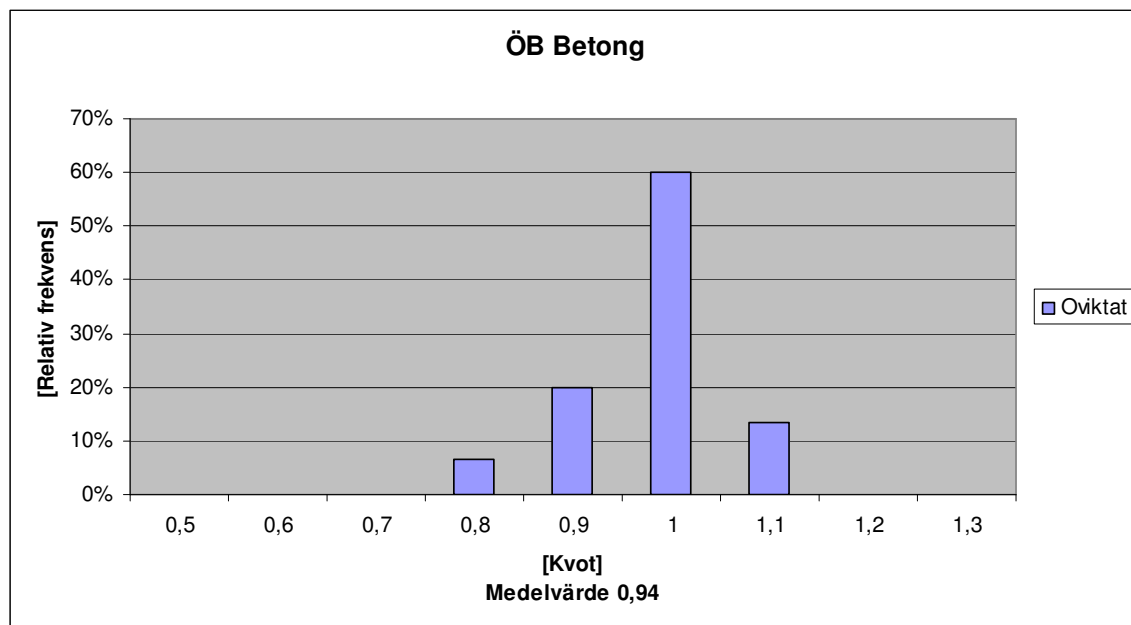


ÖB Betong

Oviktat

1,000
1,011
1,000
1,000
0,980
0,836
0,921
0,895
0,910
0,947
0,803
0,994
0,997
0,795
1,052

0,943 Xmedel
0,080 Std



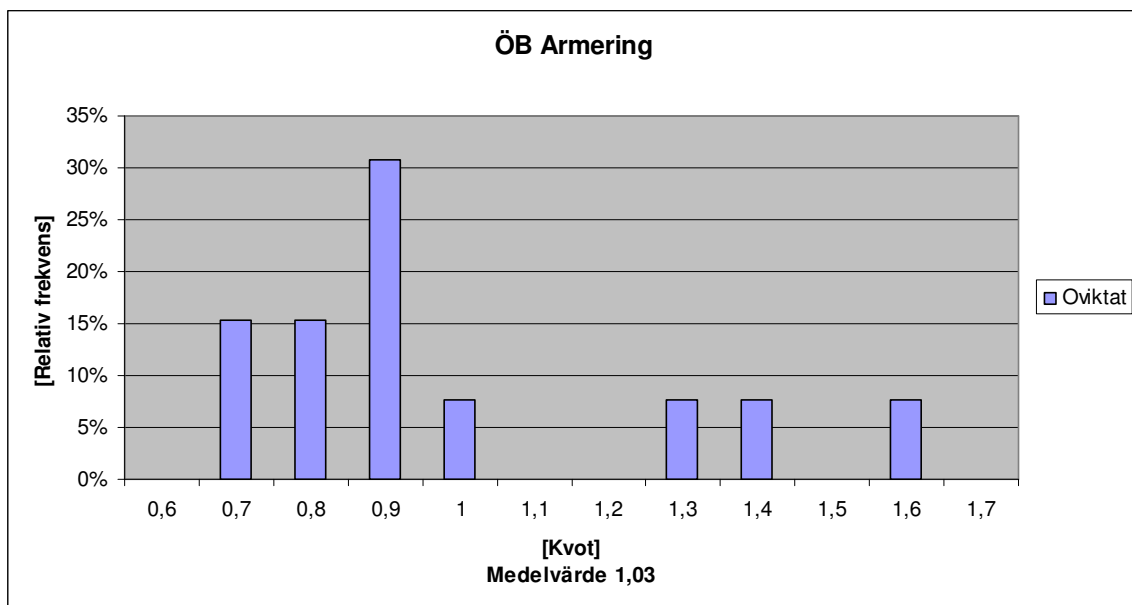
ÖB Armering

Oviktat

0,941
0,889
0,632
0,632
0,841
0,742
0,855
2,115
0,864
1,545
1,336
0,782
1,21

1,030 Xmedel

0,424 Std



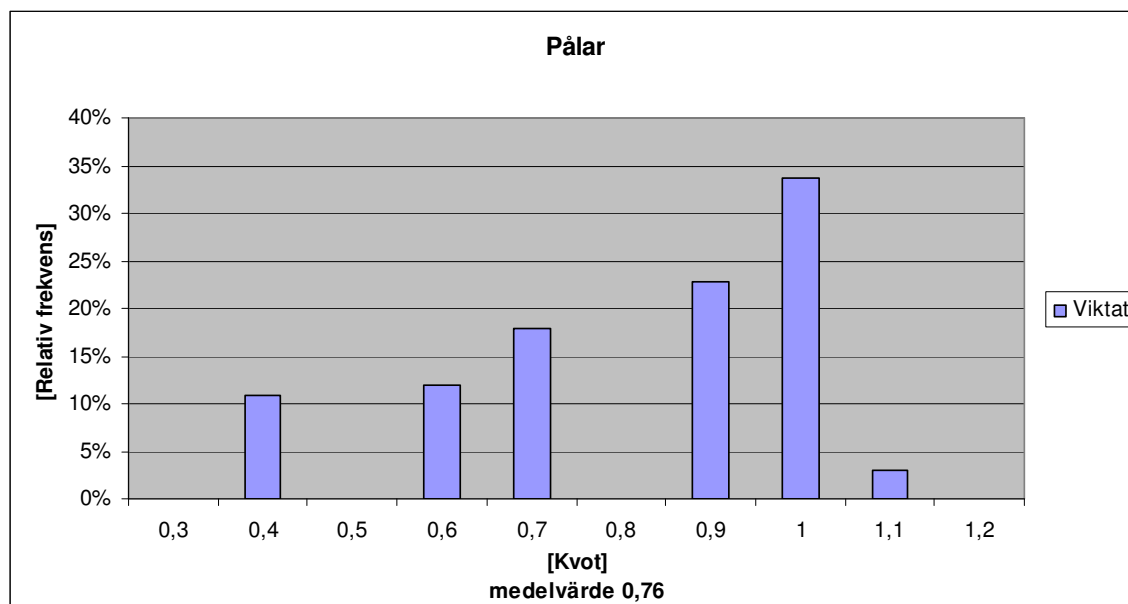
12.3 Appendix 3 - Viktad indata

Visar viktad indata för de olika byggnadsdelarna, samt histogram för dem. Indata finns redovisad som en Kvot=[Mängd i färdig produkt/ Mängd i anbud].

Pålar

Viktad Indata	Mängd	Viktning	forts.	forts.	forts.
0,943	70	5%	0,943	0,907	0,865
1,000	56	4%	0,943	0,907	0,865
0,955	44	3%	0,943	0,907	1,068
0,922	180	12%	0,943	0,907	1,068
0,907	150	10%	0,943	0,907	1,068
0,860	172	12%	1,000	0,907	0,643
0,865	170	11%	1,000	0,907	0,643
1,068	44	3%	1,000	0,907	0,679
0,643	28	2%	1,000	0,907	0,679
0,679	78	5%	0,955	0,860	0,679
0,394	160	11%	0,955	0,860	0,679
0,536	112	8%	0,955	0,860	0,679
0,565	62	4%	0,922	0,860	0,394
0,619	84	6%	0,922	0,860	0,394
0,618	76	5%	0,922	0,860	0,394
	1486	100%	0,922	0,860	0,394
			0,922	0,860	0,394
			0,922	0,860	0,394
			0,922	0,860	0,394
			0,922	0,860	0,394
			0,922	0,860	0,394
			0,922	0,860	0,394
			0,922	0,865	0,394
			0,922	0,865	0,394
			0,922	0,865	0,536
			0,907	0,865	0,536

0,758 Xmedel
0,201 Std



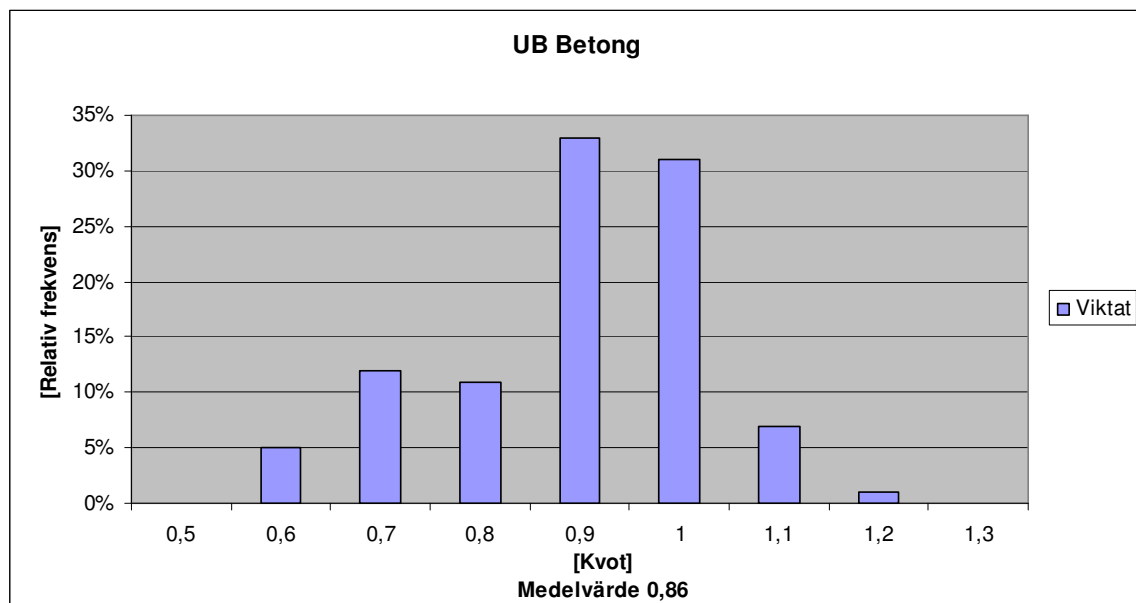
UB Betong

Viktat

Indata	Mängd	Viktning	forts.		
0,887	5625	27%	0,887	0,920	0,929
1,024	206	1%	0,887	0,920	0,873
1,000	88,6	0%	0,887	0,920	0,639
1,000	90	0%	0,887	1,049	0,639
0,992	380	2%	0,887	1,049	0,639
1,002	375	2%	0,887	0,920	0,639
1,000	76	0%	0,887	0,920	0,786
0,898	305,7	1%	0,887	0,920	0,691
0,936	14,1	0%	0,887	0,920	0,905
1,237	5,9	0%	0,887	0,920	0,825
0,687	161,2	1%	0,887	1,049	0,825
0,689	103,6	0%	0,887	1,049	0,825
0,975	280	1%	0,887	0,978	0,825
0,920	1069	5%	0,887	0,978	1,023
1,049	469	2%	0,887	0,978	1,023
0,978	777	4%	0,887	0,978	1,150
0,687	584	3%	0,887	0,687	0,960
0,642	558	3%	0,887	0,687	0,596
0,929	3299	16%	0,887	0,687	0,596
0,873	204	1%	0,887	0,642	0,596
0,639	823	4%	0,887	0,642	0,596
0,786	112	1%	0,887	0,642	0,596
0,691	136	1%	0,887	0,929	0,749
0,905	284	1%	0,887	0,929	0,749
0,825	772	4%	0,887	0,929	0,749
1,023	524	2%	0,887	0,929	0,749
1,371	89	0%	0,887	0,929	0,783
1,150	206	1%	1,024	0,929	0,783
0,960	124	1%	0,992	0,929	0,949
0,565	92	0%	0,992	0,929	0,702
0,596	996	5%	1,002	0,929	0,702
0,749	855	4%	1,002	0,929	0,702
0,783	397	2%	0,898	0,929	0,702
0,949	175	1%	0,687	0,929	0,862
0,702	762	4%	0,975	0,929	0,123
			0,920	0,929	
			0,920	0,929	

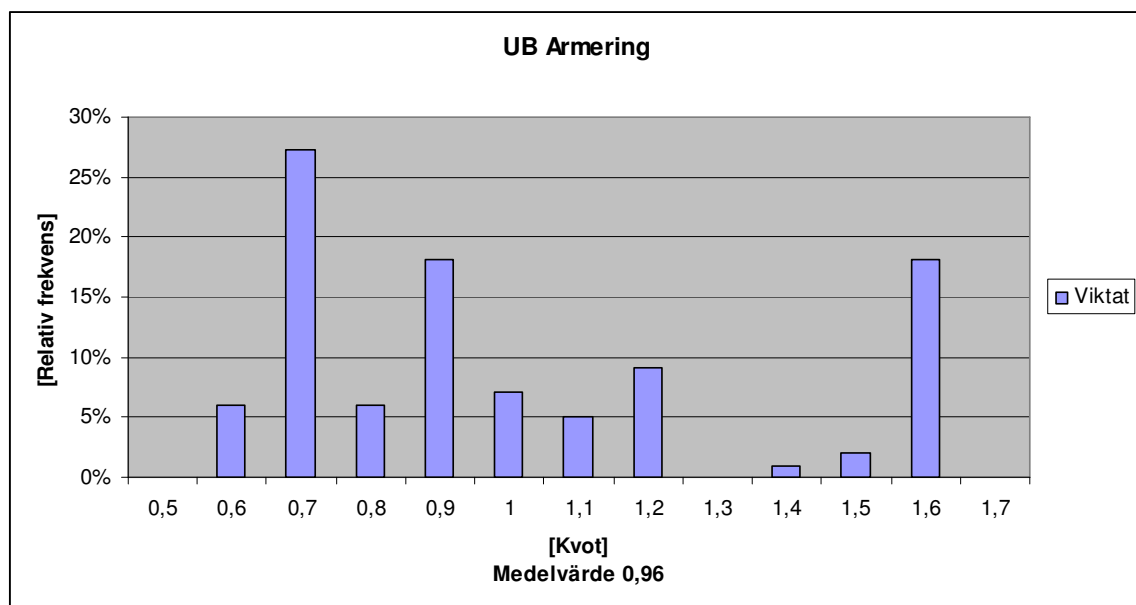
21018,1

0,862 Xmedel
0,123 std



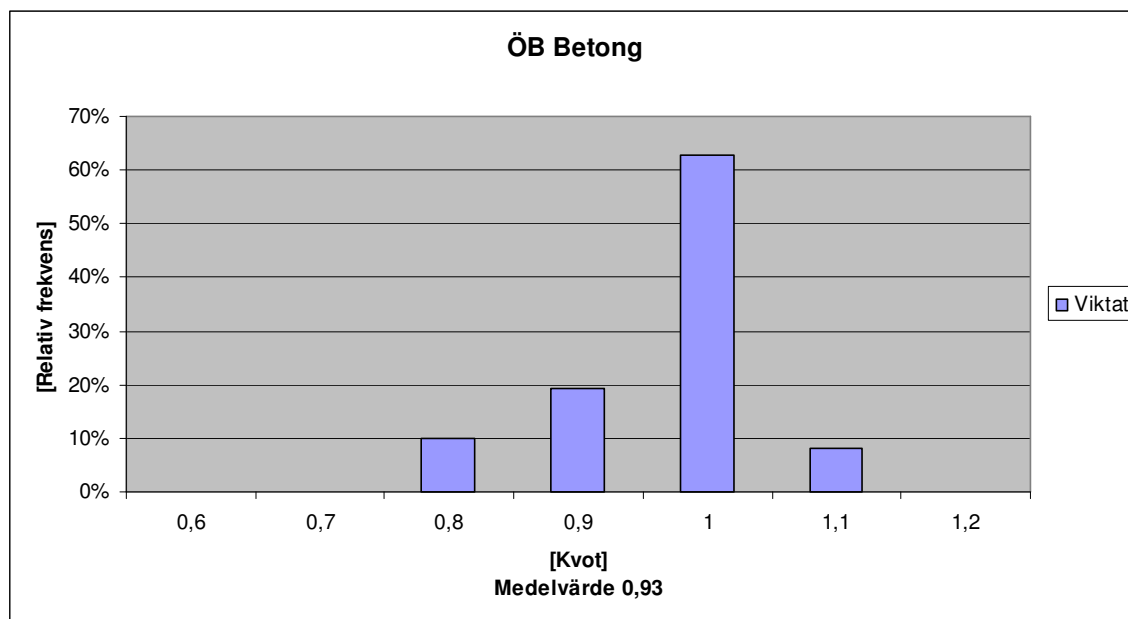
UB Armering

Viktat	Indata	Mängd	Viktning	forts.	forts.	forts.
	0,630	500	24%	0,630	0,891	0,727
	0,973	18,3	1%	0,630	0,891	0,727
	1,816	4,9	0%	0,630	0,891	0,727
	0,565	6,9	0%	0,630	0,891	0,583
	1,000	38,7	2%	0,630	0,891	0,960
	1,005	40	2%	0,630	0,793	1,075
	1,299	6,7	0%	0,630	0,793	1,075
	1,489	41,9	2%	0,630	0,856	1,075
	0,591	30,1	1%	0,630	0,856	1,130
	0,614	20,2	1%	0,630	0,856	1,130
	0,626	13,9	1%	0,630	0,812	1,130
	1,354	28,8	1%	0,630	0,812	0,944
	0,891	129	6%	0,630	0,812	0,818
	0,793	45	2%	0,630	1,188	0,529
	0,856	71	3%	0,630	1,188	0,529
	0,812	61,3	3%	0,630	1,188	0,529
	1,188	60	3%	0,630	1,543	0,529
	1,543	370	18%	0,630	1,543	0,811
	0,842	19	1%	0,630	1,543	0,811
	0,727	77	4%	0,630	1,543	0,811
	0,800	10	0%	0,630	1,543	0,811
	0,583	12	1%	0,630	1,543	1,000
	0,960	25	1%	0,630	1,543	1,000
	1,075	67	3%	0,630	1,543	0,625
	1,130	46	2%	0,973	1,543	1,197
	1,125	8	0%	1,000	1,543	1,197
	0,944	18	1%	1,000	1,543	1,197
	0,818	11	1%	1,005	1,543	0,955
	0,500	8	0%	1,005	1,543	0,347
	0,529	87	4%	1,489	1,543	
	0,811	74	4%	1,489	1,543	
	1,000	35	2%	0,591	1,543	
	0,625	16	1%	0,614	1,543	
	1,197	66	3%	0,626	1,543	
		2066	100%	1,354	0,842	
				0,891	0,727	



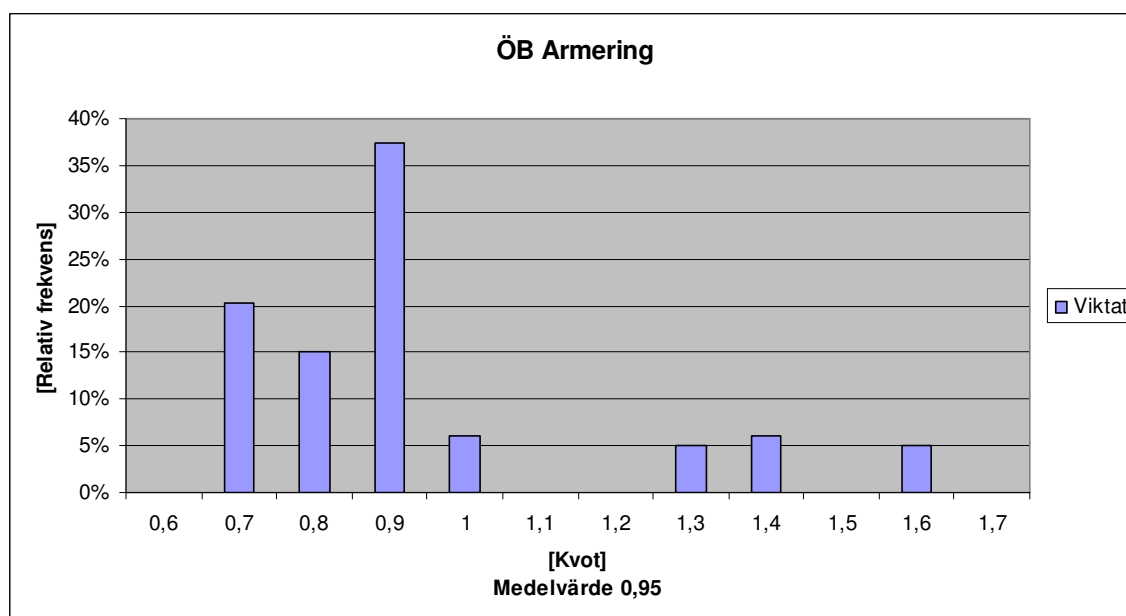
ÖB Betong

Viktat									
Indata	Mängd	Viktning	forts.	forts.	forts.	forts.	forts.	forts.	
1,000	818	9%	1,000	1,000	0,980	0,947	0,803	0,795	
1,011	375	4%	1,000	1,000	0,980	0,803	0,994	0,795	
1,000	1008	11%	1,000	1,000	0,980	0,803	0,994	0,795	
1,000	1061	11%	1,000	1,000	0,980	0,803	0,994	0,795	
0,980	590,4	6%	1,000	1,000	0,980	0,803	0,994	0,795	
0,836	11	0%	1,000	1,000	0,921	0,803	0,994	1,052	
0,921	69,7	1%	1,000	1,000	0,895	0,803	0,997	1,052	
0,895	138,5	1%	1,000	1,000	0,910	0,803	0,997	1,052	
0,910	587,5	6%	1,000	1,000	0,910	0,803	0,997	1,052	
0,947	566	6%	1,011	1,000	0,910	0,803	0,997	0,934	Xmedel
0,803	1737	18%	1,011	1,000	0,910	0,803	0,997	0,089	std
0,994	494	5%	1,011	1,000	0,910	0,803	0,997		
0,997	653	7%	1,011	1,000	0,910	0,803	0,997		
0,795	984	10%	1,000	1,000	0,947	0,803	0,795		
1,052	343	4%	1,000	1,000	0,947	0,803	0,795		
	9436	100%	1,000	1,000	0,947	0,803	0,795		
			1,000	1,000	0,947	0,803	0,795		
			1,000	0,980	0,947	0,803	0,795		



ÖB Armering

Viktat Indata	Mängd		Viktning	forts.	forts.	forts.	forts.	forts.
0,941	56,3	6%	0,941	0,632	0,632	2,115	0,864	0,782
0,889	43,1	5%	0,941	0,632	0,841	2,115	0,864	0,782
0,632	96	10%	0,941	0,632	0,841	0,864	0,864	0,782
0,632	98,9	10%	0,941	0,632	0,841	0,864	1,545	0,782
0,841	51	5%	0,941	0,632	0,841	0,864	1,545	0,782
0,742	19,4	2%	0,941	0,632	0,841	0,864	1,545	0,782
0,855	49,7	5%	0,889	0,632	0,742	0,864	1,545	0,782
2,115	52	5%	0,889	0,632	0,742	0,864	1,545	0,782
0,864	210	22%	0,889	0,632	0,855	0,864	1,336	0,782
1,545	44	5%	0,889	0,632	0,855	0,864	1,336	0,782
1,336	58	6%	0,889	0,632	0,855	0,864	1,336	0,782
0,782	124	13%	0,632	0,632	0,855	0,864	1,336	0,782
1,210	50	5%	0,632	0,632	0,855	0,864	1,336	1,210
	952,4	100%	0,632	0,632	2,115	0,864	1,336	1,210
			0,632	0,632	2,115	0,864	0,782	1,210
								1,210
								1,210
								0,945 Xmedel
								0,350 std

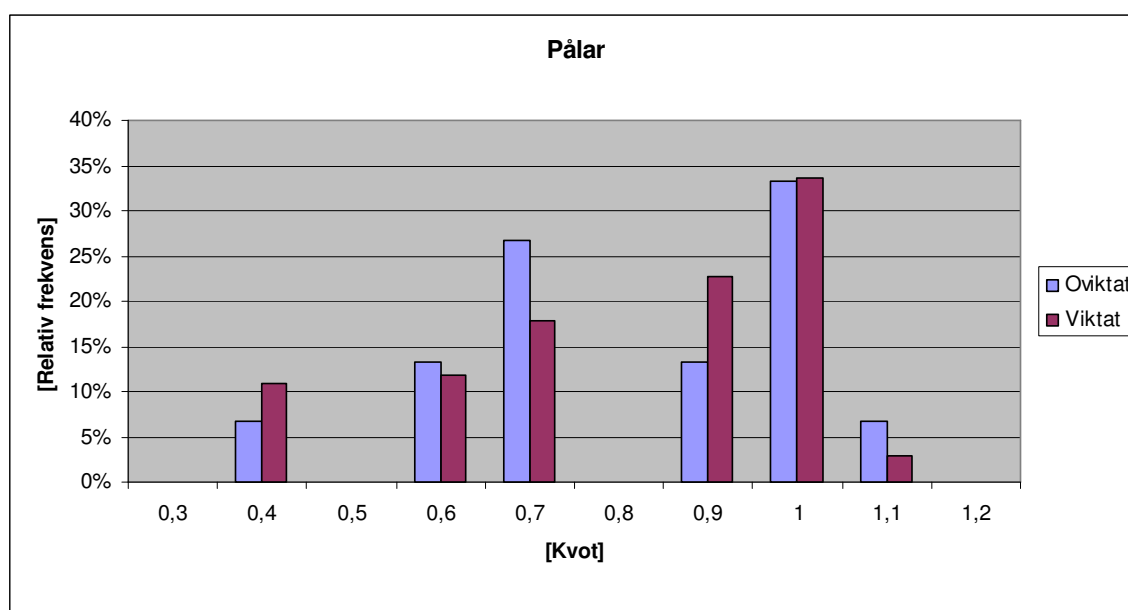


12.4 Appendix 4-Indata över oviktade och viktade värden

De oviktade och viktade värdena som tagits fram ligger till grund för de diagram som skapats

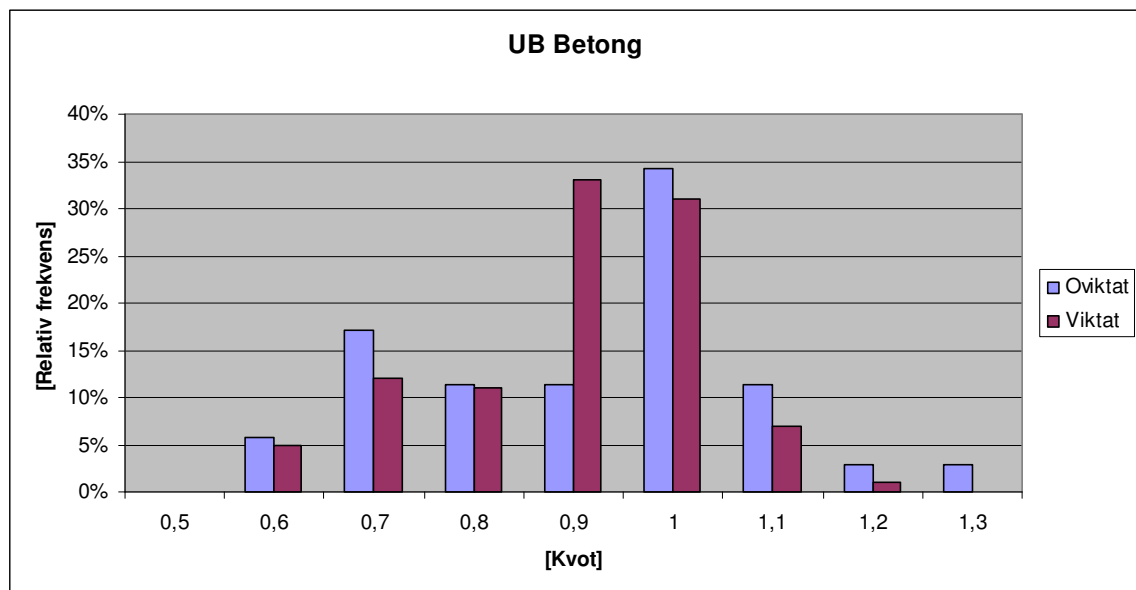
Pålar:

Oviktat	Viktat	Mängd	Viktning	forts.	forts.	forts.
Indata	Indata					
0,9428571	0,942857	70	5%	0,942857	0,906667	0,864706
1	1	56	4%	0,942857	0,906667	0,864706
0,9545455	0,954545	44	3%	0,942857	0,906667	1,068182
0,9222222	0,922222	180	12%	0,942857	0,906667	1,068182
0,9066667	0,906667	150	10%	0,942857	0,906667	1,068182
0,8604651	0,860465	172	12%	1	0,906667	0,642857
0,8647059	0,864706	170	11%	1	0,906667	0,642857
1,0681818	1,068182	44	3%	1	0,906667	0,679487
0,6428571	0,642857	28	2%	1	0,906667	0,679487
0,6794872	0,679487	78	5%	0,954545	0,860465	0,679487
0,39375	0,39375	160	11%	0,954545	0,860465	0,679487
0,5357143	0,535714	112	8%	0,954545	0,860465	0,679487
0,5645161	0,564516	62	4%	0,922222	0,860465	0,39375
0,6190476	0,619048	84	6%	0,922222	0,860465	0,39375
0,6184211	0,618421	76	5%	0,922222	0,860465	0,39375
0,771 Xmedel		1486	100%	0,922222	0,860465	0,39375
0,202 Std				0,922222	0,860465	0,39375
				0,922222	0,860465	0,39375
				0,922222	0,860465	0,39375
				0,922222	0,860465	0,39375
				0,922222	0,860465	0,39375
				0,922222	0,860465	0,39375
				0,922222	0,864706	0,39375
				0,922222	0,864706	0,39375
				0,922222	0,864706	0,535714
				0,906667	0,864706	0,535714
						0,758 Xmedel
						0,201 Std



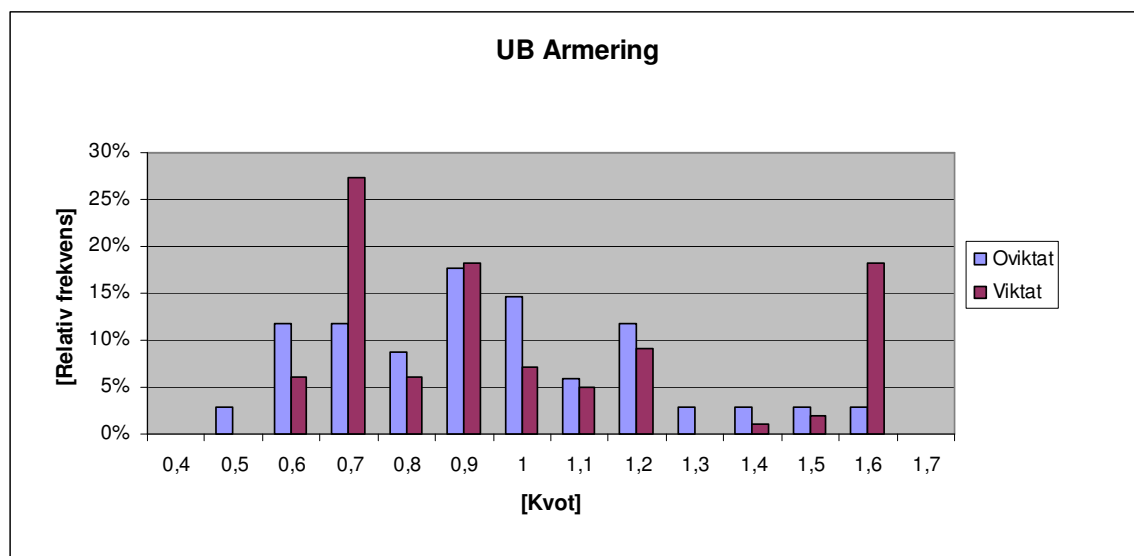
UB Betong

Ovikttat	Indata	Mängd	Viktning	forts.
0,887	0,887	5625	27%	0,887 0,920 0,929
1,024	1,024	206	1%	0,887 0,920 0,873
1,000	1,000	88,6	0%	0,887 0,920 0,639
1,000	1,000	90	0%	0,887 1,049 0,639
0,992	0,992	380	2%	0,887 1,049 0,639
1,002	1,002	375	2%	0,887 0,920 0,639
1,000	1,000	76	0%	0,887 0,920 0,786
0,898	0,898	305,7	1%	0,887 0,920 0,691
0,936	0,936	14,1	0%	0,887 0,920 0,905
1,237	1,237	5,9	0%	0,887 0,920 0,825
0,687	0,687	161,2	1%	0,887 1,049 0,825
0,689	0,689	103,6	0%	0,887 1,049 0,825
0,975	0,975	280	1%	0,887 0,978 0,825
0,920	0,920	1069	5%	0,887 0,978 1,023
1,049	1,049	469	2%	0,887 0,978 1,023
0,978	0,978	777	4%	0,887 0,978 1,150
0,687	0,687	584	3%	0,887 0,687 0,960
0,642	0,642	558	3%	0,887 0,687 0,596
0,929	0,929	3299	16%	0,887 0,687 0,596
0,873	0,873	204	1%	0,887 0,642 0,596
0,639	0,639	823	4%	0,887 0,642 0,596
0,786	0,786	112	1%	0,887 0,642 0,596
0,691	0,691	136	1%	0,887 0,929 0,749
0,905	0,905	284	1%	0,887 0,929 0,749
0,825	0,825	772	4%	0,887 0,929 0,749
1,023	1,023	524	2%	0,887 0,929 0,749
1,371	1,371	89	0%	0,887 0,929 0,783
1,150	1,150	206	1%	1,024 0,929 0,783
0,960	0,960	124	1%	0,992 0,929 0,949
0,565	0,565	92	0%	0,992 0,929 0,702
0,596	0,596	996	5%	1,002 0,929 0,702
0,749	0,749	855	4%	1,002 0,929 0,702
0,783	0,783	397	2%	0,898 0,929 0,702
0,949	0,949	175	1%	0,687 0,929 0,862 Xmedel
0,702	0,702	762	4%	0,975 0,929 0,123 std
0,889 Xmedel		21018,1		0,920 0,929
0,182 Std				0,920



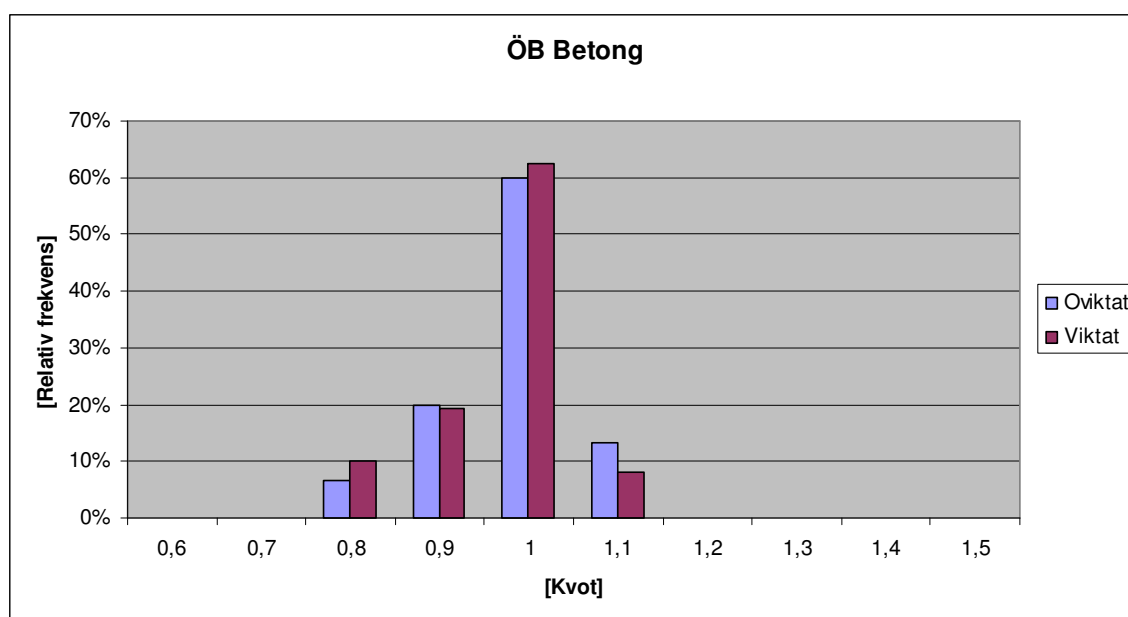
UB Armering

Ovikttat	Indata	Mängd	Viktning	forts.	forts	
0,630	0,630	500	24%	0,630	0,891	0,727
0,973	0,973	18,3	1%	0,630	0,891	0,727
1,816	1,816	4,9	0%	0,630	0,891	0,727
0,565	0,565	6,9	0%	0,630	0,891	0,583
1,000	1,000	38,7	2%	0,630	0,891	0,960
1,005	1,005	40	2%	0,630	0,793	1,075
1,299	1,299	6,7	0%	0,630	0,793	1,075
1,489	1,489	41,9	2%	0,630	0,856	1,075
0,591	0,591	30,1	1%	0,630	0,856	1,130
0,614	0,614	20,2	1%	0,630	0,856	1,130
0,626	0,626	13,9	1%	0,630	0,812	1,130
1,354	1,354	28,8	1%	0,630	0,812	0,944
0,891	0,891	129	6%	0,630	0,812	0,818
0,793	0,793	45	2%	0,630	1,188	0,529
0,856	0,856	71	3%	0,630	1,188	0,529
0,812	0,812	61,3	3%	0,630	1,188	0,529
1,188	1,188	60	3%	0,630	1,543	0,529
1,543	1,543	370	18%	0,630	1,543	0,811
0,842	0,842	19	1%	0,630	1,543	0,811
0,727	0,727	77	4%	0,630	1,543	0,811
0,800	0,800	10	0%	0,630	1,543	0,811
0,583	0,583	12	1%	0,630	1,543	1,000
0,960	0,960	25	1%	0,630	1,543	1,000
1,075	1,075	67	3%	0,630	1,543	0,625
1,130	1,130	46	2%	0,973	1,543	1,197
1,125	1,125	8	0%	1,000	1,543	1,197
0,944	0,944	18	1%	1,000	1,543	1,197
0,818	0,818	11	1%	1,005	1,543	0,955
0,500	0,500	8	0%	1,005	1,543	0,347
0,529	0,529	87	4%	1,489	1,543	
0,811	0,811	74	4%	1,489	1,543	
1,000	1,000	35	2%	0,591	1,543	
0,625	0,625	16	1%	0,614	1,543	
1,197	1,197	66	3%	0,626	1,543	
0,933		2066	100%	1,354	0,842	Xmedel
0,315				0,891	0,727	Std



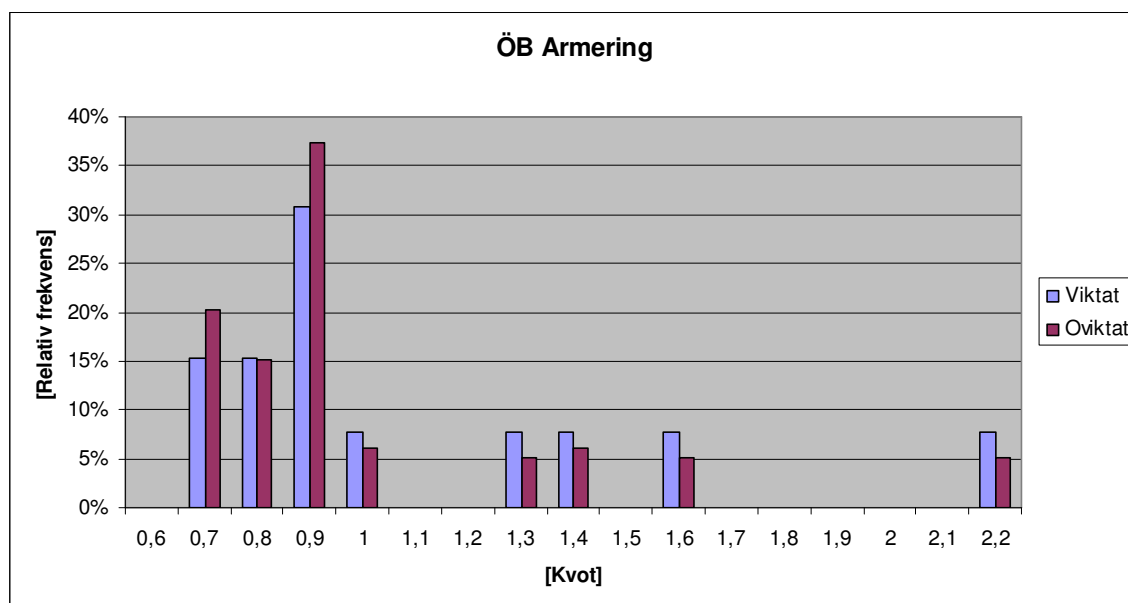
ÖB Betong

Oviktat	Indata	Mängd	Viktning	forts.	forts.	forts.	forts.	forts.	forts.
1,000	1,000	818	9%	1,000	1,000	0,980	0,947	0,803	0,795
1,011	1,011	375	4%	1,000	1,000	0,980	0,803	0,994	0,795
1,000	1,000	1008	11%	1,000	1,000	0,980	0,803	0,994	0,795
1,000	1,000	1061	11%	1,000	1,000	0,980	0,803	0,994	0,795
0,980	0,980	590,4	6%	1,000	1,000	0,980	0,803	0,994	0,795
0,836	0,836	11	0%	1,000	1,000	0,921	0,803	0,994	1,052
0,921	0,921	69,7	1%	1,000	1,000	0,895	0,803	0,997	1,052
0,895	0,895	138,5	1%	1,000	1,000	0,910	0,803	0,997	1,052
0,910	0,910	587,5	6%	1,000	1,000	0,910	0,803	0,997	1,052
0,947	0,947	566	6%	1,011	1,000	0,910	0,803	0,997	0,934
0,803	0,803	1737	18%	1,011	1,000	0,910	0,803	0,997	0,089
0,994	0,994	494	5%	1,011	1,000	0,910	0,803	0,997	
0,997	0,997	653	7%	1,011	1,000	0,910	0,803	0,997	
0,795	0,795	984	10%	1,000	1,000	0,947	0,803	0,795	
1,052	1,052	343	4%	1,000	1,000	0,947	0,803	0,795	
0,943	Xmedel	9436	100%	1,000	1,000	0,947	0,803	0,795	
0,080	Std			1,000	1,000	0,947	0,803	0,795	
				1,000	0,980	0,947	0,803	0,795	



ÖB Armering

Oviktat	Indata	Mängd	Viktning	forts.	forts.	forts.	forts.	forts.	
0,9414	0,941	56,3	6%	0,941	0,632	0,632	2,115	0,864	0,782
0,8886	0,889	43,1	5%	0,941	0,632	0,841	2,115	0,864	0,782
0,6323	0,632	96	10%	0,941	0,632	0,841	0,864	0,864	0,782
0,6320	0,632	98,9	10%	0,941	0,632	0,841	0,864	1,545	0,782
0,8412	0,841	51	5%	0,941	0,632	0,841	0,864	1,545	0,782
0,7423	0,742	19,4	2%	0,941	0,632	0,841	0,864	1,545	0,782
0,8551	0,855	49,7	5%	0,889	0,632	0,742	0,864	1,545	0,782
2,1154	2,115	52	5%	0,889	0,632	0,742	0,864	1,545	0,782
0,8638	0,864	210	22%	0,889	0,632	0,855	0,864	1,336	0,782
1,5455	1,545	44	5%	0,889	0,632	0,855	0,864	1,336	0,782
1,3362	1,336	58	6%	0,889	0,632	0,855	0,864	1,336	0,782
0,7823	0,782	124	13%	0,632	0,632	0,855	0,864	1,336	0,782
1,2100	1,210	50	5%	0,632	0,632	0,855	0,864	1,336	1,210
1,0297	Xmedel	952,4	100%	0,632	0,632	2,115	0,864	1,336	1,210
0,4235	Std			0,632	0,632	2,115	0,864	0,782	1,210
									1,210
									1,210
									0,945
									0,350



12.5 Appendix 5 - Bootstrap resampling

Förklaring Bootstrap resampling:

Original samples:

Indata till rapporten från genomförda projekt. Kvoten som är angiven är $Kvot = \frac{\text{Mängden i färdigt projekt}}{\text{Mängden i anbudet}}$

Bootstrap samples:

Slumpar ett värde från indata. Proceduren upprepas lika många gånger som antalet indata och resulterar i en omgång slumpningar.

Bootstrap statistics:

För de slumpade värdena för varje omgång räknas ett medelvärde, en median och standardavvikelse fram.

Dessa värden ligger sedan till grund för ett diagram över fördelningen av de slumpade värdena. Ju fler omgångar av slumpningar desto bättre blir fördelningen.

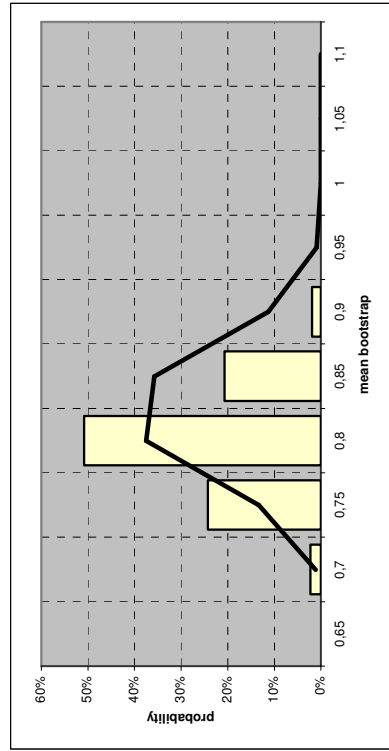
Confidence intervall of the mean bootstrap:

Visar antalet genomförda slumpomgångar och vilket konfidensintervall som indatans medelvärde har.

Bootstrap sampling Pálar 15 st

Original samples	Bootstrap samples			
	Omg 1	Omg 2	Omg 3	Omg 4
0,9429	0,679	0,907	0,619	0,907
1	0,643	0,943	0,536	0,955
0,9545	0,618	0,907	0,907	1
0,9222	1	0,618	0,86	0,86
0,9067	1,068	0,619	0,679	1,068
0,8605	0,394	0,865	0,922	0,536
0,8647	0,922	1	0,619	0,394
1,0682	0,536	0,679	0,536	0,394
0,6429	0,536	1	0,86	0,618
0,6795	0,865	1	0,922	0,565
0,3938	0,618	0,565	0,619	0,618
0,5357	1	0,922	0,643	0,865
0,5645	0,922	0,679	0,643	0,619
0,619	0,394	0,394	1,068	0,618
0,6184	0,955	1	0,618	0,922

Bootstrap Statistics			
	mean	median	std deviation
Omg 1	0,74	0,6795	0,23
Omg 2	0,81	0,9067	0,20
Omg 3	0,74	0,6429	0,17
Omg 4	0,73	0,619	0,22
Omg N	....	....	....



Confidence interval of the mean bootstrap

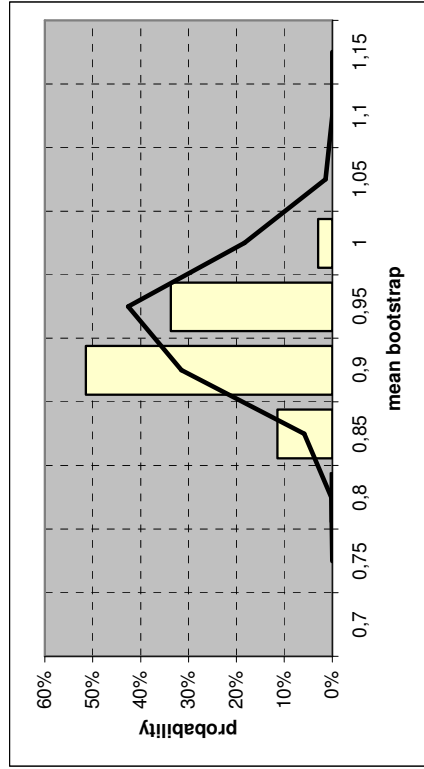
total sample	1000
alpha	0,025
confidence level	95
lower bound	0,7
upper bound	0,84

Bootstrap sampling UB Betong 35st

Original sample	Bootstrap samples				Omg N
	Omg 1	Omg 2	Omg 3	Omg 4	
0,8871	0,920486	0,898266	1	0,872549	...
1,0243	0,7021	0,639125	0,872549	0,978121	...
1	0,691176	0,978121	1	1	1
0,9921	1,022901	0,565217	0,90493	1,237288	...
1,0021	1,002133	0,565217	0,639125	0,785714	...
1	0,686644	1	1	0,7021	...
0,8983	0,929069	0,887111	0,785714	0,93617	...
0,9362	0,920486	0,639125	0,929069	0,887111	...
1,2373	1	0,639125	1,002133	0,978121	...
0,6873	0,639125	1,150485	0,992105	0,641577	...
0,6892	0,596386	0,920486	0,959677	0,748538	...
0,975	0,639125	0,596386	1,150485	1,150485	...
0,9205	1	0,689189	0,686644	0,686644	...
1,049	1,237288	0,691176	0,93617	0,687345	...
0,9781	0,887111	0,748538	1,049041	1,370787	...
0,6866	0,639125	1	0,898266	0,639125	...
0,6416	0,975	1,237288	1,022901	0,959677	...
0,9291	0,7021	0,978121	1,024272	0,641577	...
0,8725	1,237288	1,237288	0,748538	0,887111	...
0,6391	1	1	1	1	1
0,7857	1,002133	0,887111	1	1,049041	...
0,6912	0,565217	0,565217	0,689189	0,639125	...
0,9049	0,898266	1	0,82513	0,785714	...
0,8251	0,872549	1	0,785714	0,783375	...
1,0229	0,975	0,748538	1,002133	0,90493	...
1,3708	0,565217	0,948571	0,887111	0,686644	...
1,1505	0,898266	0,82513	0,992105	0,785714	...
0,9597	0,959677	0,959677	0,975	1	...
0,5652	1,024272	0,7021	0,948571	0,929069	...
0,5964	0,7021	1,024272	0,872549	0,689189	...
0,7485	1	1,049041	0,639125	1,370787	...
0,7834	0,872549	1	0,785714	0,898266	...
0,9486	0,948571	0,565217	0,920486	0,748538	...
0,7021	0,686644	0,785714	0,689189	0,641577	...
	0,687345	0,93617	0,959677	0,978121	...

Bootstrap Statistics

	mean	median	sfd	deviation
Omg 1	0,86	0,89827	0,18	
Omg 2	0,86	0,89827	0,19	
Omg 3	0,90	0,93617	0,13	
Omg 4	0,88	0,88711	0,20	
Omg N	...	...	...	...



Confidence interval of the mean bootstrap

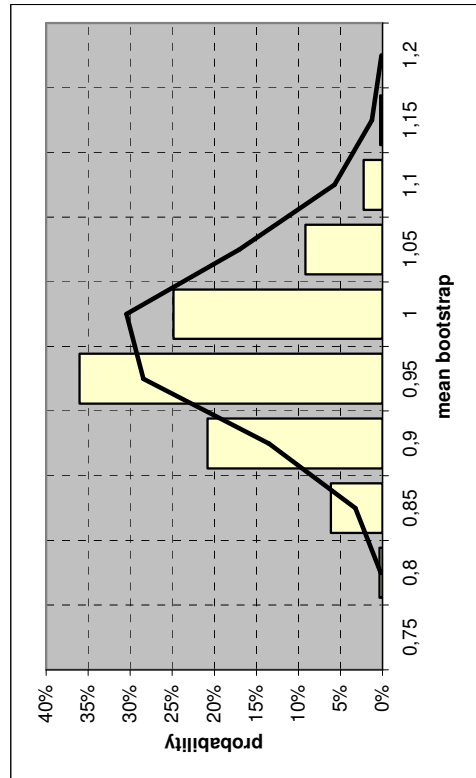
total sample	1000
alpha	0,025
confidence level	95
lower bound	0,83
upper bound	0,95

Bootstrap sampling UB Armering 34st

Original sample	Bootstrap samples				
	Omg 1	Omg 2	Omg 3	Omg 4	Omg N
0,63	0,79333	1,54324	0,85634	1,07463	...
0,97268	0,89147	1,29851	1	1,29851	...
1,81633	1	1,13043	0,58333	0,8	...
0,56522	0,58333	1,13043	0,625	0,6259	...
1	0,85634	1,35417	0,89147	0,81081	...
1,005	1,54324	1	0,85634	0,625	...
1,29851	1,07463	1,19697	0,56522	1,48926	...
1,48926	0,89147	1,13043	1,81633	1	...
0,59136	1,18833	0,58333	0,97268	0,81818	...
0,61386	0,63	0,84211	0,96	0,625	...
0,6259	0,85634	0,8	0,52874	0,81081	...
1,35417	0,85634	0,52874	0,84211	0,63	...
0,89147	1,19697	0,59136	1,19697	1,48926	...
0,79333	0,56522	1	0,625	0,89147	...
0,85634	1,54324	1	1,35417	1	...
0,8124	1,48926	1,48926	1,81633	1,19697	...
1,18833	1,48926	0,58333	0,72727	1	...
1,54324	1,19697	0,61386	0,81818	1,35417	...
0,84211	0,89147	0,81818	0,85634	0,8	...
0,72727	0,625	1	1,19697	0,79333	...
0,8	0,96	0,8	1,005	1,19697	...
0,58333	0,97268	0,94444	1,81633	1,07463	...
0,96	0,84211	0,58333	0,8124	0,94444	...
1,07463	1,19697	0,81081	0,625	1,005	...
1,13043	0,89147	1	0,72727	1,19697	...
1,125	0,8	0,625	1	1,29851	...
0,94444	1,81633	1,07463	0,81818	0,84211	...
0,81818	1,13043	0,6259	0,56522	1,07463	...
0,5	0,81081	0,8	1,18833	0,625	...
0,52874	0,63	0,5	0,56522	0,8	...
0,81081	0,96	0,58333	0,58333	0,81818	...
1	0,94444	0,61386	1,13043	1	...
0,625	1,48926	1	0,97268	0,89147	...
1,19697	0,97268	1	1,81633	0,84211	...

Bootstrap Statistics

	mean	median	std deviation
Omg 1	0,99	0,918	0,31
Omg 2	0,90	0,8933	0,28
Omg 3	0,97	0,8739	0,38
Omg 4	0,96	0,8915	0,24
Omg N	...	...	...



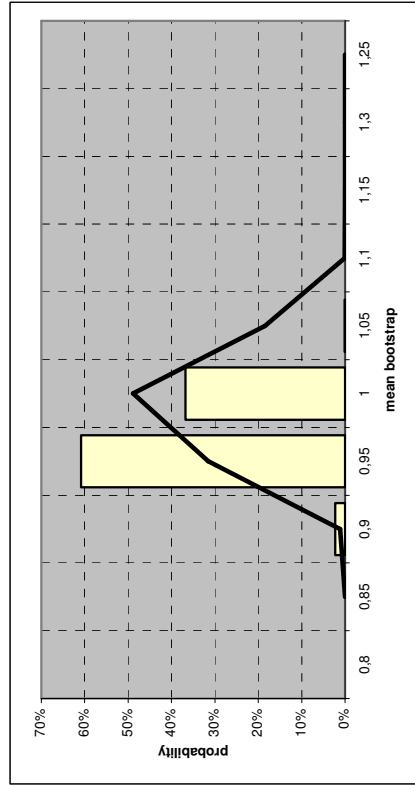
Confidence interval of the mean bootstrap

total sample	1000
alpha	0,025
confidence level	95
lower bound	0,83
upper bound	1,04

Bootstrap ÖB Betong 15st

Original sample	Bootstrap samples				
1	Omg 1	Omg 2	Omg 3	Omg 4	Omg N
1,01067	0,909617	0,90962	0,909617	0,946996	...
1	1,052478	1,01067	0,996937	0,909617	...
1	1,010667	1	1,052478	0,894585	...
0,97984	0,894585	0,89458	0,979844	0,979844	...
0,83636	0,993927	0,90962	1,052478	1,052478	...
0,92109	0,803109	0,947	0,894585	0,794715	...
0,89458	1,010667	0,99694	0,909617	0,946996	...
0,90962	0,993927	1	0,836364	1,052478	...
0,94700	1,010667	0,89458	0,946996	1	...
0,80311	1	1,05248	0,836364	0,836364	...
0,99393	0,946996	1	0,993927	0,996937	...
0,99694	0,996937	1,01067	0,979844	0,996937	...
0,79472	0,996937	1	1,010667	0,803109	...
1,05248	0,803109	0,80311	0,996937	0,894585	...
	0,946996	0,947	1	0,92109	...

Bootstrap Statistics			
	mean	median	std deviation
Omg 1	0,96	0,993927	0,08
Omg 2	0,96	0,996937	0,07
Omg 3	0,96	0,979844	0,07
Omg 4	0,94	0,946996	0,08
....
Omg N	....	....	....



Confidence interval of the mean bootstrap

total sample	1000
alpha	0,025
confidence level	95
lower bound	0,9
upper bound	0,98

Bootstrap ÖB Armering 13 st

Original sample

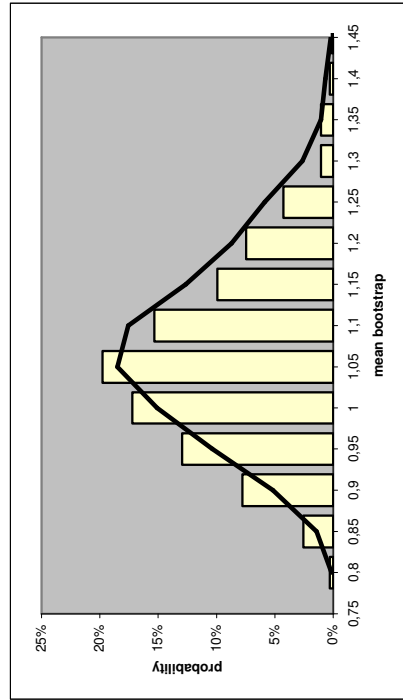
0,9413854
0,8886311
0,6322917
0,6319515
0,8411765
0,742268
0,8551308
0,8638095
1,3362069
0,7822581
1,21
2,1153846
1,5454545

Bootstrap samples

Omg 1	Omg 2	Omg 3	Omg 4	Omg N
0,8886	1,21	1,21	0,88863	...
0,6323	1,33621	0,855131	0,78226	...
0,7423	1,33621	0,941385	0,86381	...
1,3362	0,85513	0,855131	2,11538	...
0,6323	1,33621	0,888631	0,74227	...
0,8551	1,54545	0,855131	0,74227	...
0,7823	0,78226	2,115385	0,85513	...
0,632	2,11538	1,21	0,85513	...
0,9414	2,11538	0,742268	0,94139	...
0,7823	1,21	0,631951	0,86381	...
0,632	0,88863	1,545455	2,11538	...
0,632	0,74227	1,21	0,94139	...
0,7823	1,54545	2,115385	0,78226	...

Bootstrap Statistics

	mean	median	std deviation
Omg 1	0,79	0,78226	0,20
Omg 2	1,31	1,33621	0,45
Omg 3	1,17	0,94139	0,49
Omg 4	1,04	0,86381	0,48
Omg N	...	...	...



Confidence interval of the mean bootstrap

total sample	1000
alpha	0,025
confidence level	95
lower bound	0,88
upper bound	1,25

12.6 Appendix 6-Enkäter

PROJEKTERING

Ett flertal faktorer påverkar hur ett slutligt projekt överensstämmer med det ursprungliga anbudet. Projekteringen innan anbudet, d.v.s. framtagande av förfrågningsunderlaget, har stor betydelse för vissa faktorer likaså har genomförandet av anbudet en stor betydelse.

Vilken påverkan har nedanstående faktorer för att anbudet ska få en bra överensstämmelse med verkligheten?

Bedöm från en skala mellan 1-4, där 1 har liten påverkan och 4 har stor påverkan.

Är det någon fråga som är oklar eller som du bedömer att du inte kan svara på, gå vidare till nästa.

Skriv gärna kommentar!

PROJEKTOR

	1	2	3	4
Tid	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hur stor påverkan har mängden tid (antal timmar) för projektering på anbudets överensstämmelse med slutlig produkt?				
Kommentar:	<hr/> <hr/>			
Erfarenhet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hur stor påverkan har projektörens erfarenhet på anbudets överensstämmelse med slutlig produkt?				
Kommentar:	<hr/> <hr/>			
Motivation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hur stor påverkan har projektörens motivation för anbudets överensstämmelse med slutlig produkt?				
Kommentar:	<hr/> <hr/>			

KONSTRUKTOR

	1	2	3	4
Kalkylering på "säkra sidan"	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hur mycket påverkas anbudets överensstämmelse med slutlig produkt av att konstruktören under anbudstiden gararderar sig på " säkra sidan "?				
Kommentar:	<hr/> <hr/>			
Korrekta mängdförteckningar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hur stor påverkan har mängdförteckningarna som tas fram av konstruktören under anbudstiden, på anbudssumman?				
Kommentar:	<hr/> <hr/>			
Motivation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hur stor påverkan har konstruktörens motivation för anbudets överensstämmelse med slutlig produkt?				
Kommentar:	<hr/> <hr/>			

	1	2	3	4
Incitamentsavtal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hur stor påverkan har ett incitamentsavtal , i förhållande till ett fast-prisavtal, för överensstämmelse med slutlig produkt?				
Kommentar:	<hr/> <hr/>			
Beräkningshjälpmedel	Kommentar			
Hur påverkar moderna beräkningshjälpmedel under anbudstid, överensstämmelse med slutlig produkt?	<hr/> <hr/>			
Fokusering	Kommentar			
Lägg det mer tid och kraft på någon byggnadsdel vid projektering och i så fall vilken? (Pålar, Underbyggnad, Överbyggnad)	<hr/> <hr/>			

PRODUKTION

Under produktionen uppstår situationer, som inte togs i beaktande under projekteringen. På grund av diverse faktorer tar en del arbetsmoment längre/kortare tid än beräknat och detta leder i slutändan till att den tänkta kalkylen inte stämmer överens med utgången för det färdiga projektet.

Vilken påverkan har nedanstående faktorer under byggproduktionen?

Bedöm från en skala mellan 1-4, där 1 har liten påverkan och 4 har stor påverkan.

Ar det någon fråga som är oklar eller som du bedömer att du inte kan svara på, gå vidare till nästa.

	1	2	3	4
Erfarenhet (tid) Hur stor påverkan har arbetarnas erfarenhet för den tänkta utförandetiden av div. arbetsmoment	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kommentar:				
Erfarenhet (material) Hur stor påverkan har arbetarnas erfarenhet för den tänkta materialåtgången av div. arbetsmoment	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kommentar:				
Kompetens (tid) Hur stor påverkan har arbetarnas kompetens för den tänkta utförandetiden av div. arbetsmoment	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kommentar:				
Kompetens (material) Hur stor påverkan har arbetarnas kompetens för den tänkta materialåtgången av div. arbetsmoment	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kommentar:				
Utrustning (tid) Hur stor påverkan har arbetarnas utrustning (verktyg maskiner) för den tänkta utförandetiden av div. arbetsmoment	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kommentar:				
Utrustning (material) Hur stor påverkan har arbetarnas utrustning (verktyg maskiner) för den tänkta materialåtgången av div. arbetsmoment	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kommentar:				
Väder (tid) Hur stor påverkan har vädret för den tänkta utförandetiden för div. arbetsmoment	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kommentar:				
Väder (material) Hur stor påverkan har vädret för den tänkta materialåtgången för div. arbetsmoment	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kommentar:				
	1	2	3	4
Motivation(tid) Hur stor påverkan har arbetarnas motivation för den tänkta utförandetiden av div. arbetsmoment	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kommentar:				
Leveranser(tid) Hur stor påverkan har materialleveranser för den tänkta färdigställandetiden av div. arbetsmoment (Förseningar)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kommentar:				
Spill(tid) Hur stor påverkan har spill för den tänkta utförandetiden av div. arbetsmoment (Kompletterande mtrl-leveranser krävs)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kommentar:				
Svinn (tid) Hur stor påverkan har svinn för den tänkta utförandetiden av div. arbetsmoment	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kommentar:				
Sjukdomar och skador (tid) Hur stor påverkan har sjukdomar och skador för den tänkta utförandetiden av div. arbetsmoment	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kommentar:				
Optimering Hur stor påverkan har en optimerad konstruktion på utförandetiden ? (I ar det betydligt längre tid att armera o.s.v.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kommentar:				

Samband mellan ingående delar i ett projekt

Ett anläggningsprojekt består generellt sett av pålar, en underbyggnad (UB) och en överbyggnad (ÖB). UB och ÖB är i sin tur indelade i betong, armering och konstruktionsstål.

För att få en bättre förståelse för hur en bro/tunnels ingående delar påverkar varandra o att göra det möjligt att ta fram en bra och rättvis simuleringsmodell i vårt ex-jobb är det av stor vikt för oss att få klarhet i dessa samband.

Förutsättningarna är att en konstruktionsutformning är vald. Korrelationen som efterfrågas här avser marginella avvikelser för den valda utformningen.

Hur ser sambanden för nedanstående delar ut, enligt din åsikt?

Bedöm från en skala mellan 0-100%, där 0% inte innebär någon korrelation och 100% innebär att de är fullt korrelerade. Ge gärna en kommentar för att förtydliga dina tankar. Är det någon fråga som är oklar eller som du bedömer att du inte kan svara på, gå vidare till nästa.

KONSTRUKTION

Materialmängder

	Litet samband (0%)	Stort samband (100%)
--	--------------------	----------------------

Betong UB[m3]-Betong OB[m3]

Hur starkt samband har en liten ökning av mängden betong i UB med en mängdförändring betong i OB?

Kommentar:

Armering UB[ton]-Armering OB[ton]

Hur starkt samband har en liten ökning av mängden armering i UB med en mängdförändring armering i OB?

Kommentar:

Betong UB[m3]-Armering UB[ton]

Hur starkt samband har en liten ökning av mängden betong i UB med en mängdförändring armering i UB?

Kommentar:

Betong OB[m3]-Armering OB[ton]

Hur starkt samband har en liten ökning av mängden betong i OB med en mängdförändring armering i OB?

Kommentar:

Armering OB[ton]-Stål[ton]

Hur starkt samband har en liten ökning av mängden armering i UB med en mängdförändring stål?

Kommentar:

Pålar [st]-Betong UB[m3]

Hur starkt samband har en liten ökning av antalet pålar med en mängdförändring betong i UB?

Kommentar:

Pålar [st]-Armering UB[ton]

Hur starkt samband har en liten ökning av antalet pålar med en mängdförändring armering i UB?

Kommentar:

PRODUKTION

Materialkostnader

	Litet samband (0%)	Stort samband (100%)
--	--------------------	----------------------

Betong UB[kr/m3]-Betong OB[kr/m3]

Hur starkt samband har en liten ökning av priset/m3 för betong i UB med en prisförändring för betong i OB?

Kommentar:

Armering OB[kr/ton]-Stålarbeten

Hur starkt samband har en liten ökning av priset/ton för armering i OB med en prisförändring stål?

Kommentar:

Armering UB[kr/ton]-Armering OB[kr/ton]

Hur starkt samband har en liten ökning av priset/m3 för armering i UB med en prisförändring för armering i OB?

Kommentar:

Enhetstider

	Litet samband (0%)	Stort samband (100%)
--	--------------------	----------------------

Armering UB[tim/ton]-Armering OB[tim/ton]

Hur starkt samband har en liten ökning av enhetstiden för armering i UB med en förändring av enhetstiden för armering i OB?

Kommentar:

Betong UB[tim/m3]-Betong OB[tim/m3]

Hur starkt samband har en liten ökning av enhetstiden för betong i UB med en förändring av enhetstiden för betong i OB?

Kommentar:

12.7 Appendix 7 - Utvärdering av svar

Nedan följer en sammanställning av de svar som inkommit i de tre enkätundersökningarna (projektering, produktion och korrelation) som kan ses i Appendix 6.

12.7.1 Projektering

PROJEKTERING

Ett flertal faktorer påverkar hur ett slutligt projekt överensstämmer med det ursprungliga anbudet. Projekteringen innan anbudet, d.v.s. framtagande av förfrågningsunderlaget, har stor betydelse för vissa faktorer likaså har genomförandet av anbudet en stor betydelse.

Vilken påverkan har nedanstående faktorer för att anbudet ska få en bra överensstämmelse med verkligheten?

Bedöm från en skala mellan 1-4, där 1 har liten påverkan och 4 har stor påverkan.

Är det någon fråga som är oklar eller som du bedömer att du inte kan svara på, gå vidare till nästa.

Skriv gärna kommentar!

PROJEKTÖR

	1	2	3	4	
Tid	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3,3
Hur stor påverkan har mängden tid (antal timmar) för projektering på anbudets överensstämmelse med slutlig produkt?	Kommentar:				
	"Om för få timmar ritas ofta dimensioner lite för stora.				
	"Ibland finns mer konkurrenskraftiga alternativ"				
	"Beror helt på konstruktionen. Tillräcklig tid är viktigt"				
	"Tidsåtgången beror dock på individens erfarenhet och kompetens. Inte alltid att mycket tid räcker"				
Erfarenhet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3,6
Hur stor påverkan har projektörens erfarenhet på anbudets överensstämmelse med slutlig produkt?	Kommentar:				
	"För 'trubbiga' ritningar (fel dimensioner, ofta för stora), ibland finns bättre alternativ"				
Motivation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3,4
Hur stor påverkan har projektörens motivation för anbudets överensstämmelse med slutlig produkt?	Kommentar:				
	"För 'trubbiga' ritningar (fel dimensioner, ofta för stora), ibland finns bättre alternativ"				
	"Beror helt på konstruktionen"				
	"Utan motivation kan det aldrig bli bra"				

KONSTRUKTÖR

	1	2	3	4	
Kalkylering på "säkra sidan"	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3
Hur mycket påverkas anbudets överensstämmelse med slutlig produkt av att konstruktören under anbudstiden garderar sig på "säkra sidan"?					
Kommentar:	"Ger för stora mängder" "Olika individer har olika bedömningar vad som är säkra sidan', varför detta kan skilja mycket för olika personer" "Försiktigt anbud kan påverka projekteringsbeslut" "Direkt koppling till hur stor insats som görs i anbuds-skedet. Liten insats - Grovt, oftast på säker sida, men kan även missa saker som kostar mängder. Kan även ge på osäkra sidan om ej tillräckligt med tid"				
Korrekta mängdförteckningar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3,2
Hur stor påverkan har mängdförteckningarna som tas fram av konstruktören under anbudstiden, på anbudssumman?					
Kommentar:	"Mest påverkan om alternativ som är konkurrens-kraftiga tas fram. Annars totalt sett lite- men det är ofta små marginaler för att få jobbet"				
Motivation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3,3
Hur stor påverkan har konstruktörens motivation för anbudets överensstämmelse med slutlig produkt?					
Kommentar:	"Normalt sett stort, speciellt för att ta fram konkurrens-kraftiga alternativ." "Beror helt på konstruktionen"				
Incitamentsavtal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2,9
Hur stor påverkan har ett incitamentsavtal , i förhållande till ett fast-prisavtal, för överens-stämmelse med slutlig produkt?					
Kommentar:	"Vi försöker alltid optimera mängderna. Det kan dock ibland påverkas av tidplanen" "Incitament gynnar att man kan kosta på sig mer konstruktionstid för att nå en bättre optimering, d.v.s. minska anbudsmängderna."				
Beräkningshjälpmedel					
Hur påverkar moderna beräkningshjälpmedel under anbudstid, överensstämmelse med slutlig produkt?					
Kommentar:	"Mer tid i anbudet ger bättre överensstämmelse. Om i slutlig dimensionering samma beräkning som i anbudet- bättre överensstämmelse" "Mycket viktigt med bra hjälpmedel. System-beräkningar. Ska snabbt kunna byggas upp." "Underlättar naturligtvis och gör att man kan räkna noggrannare på kort tid"				
"Användande av olika programvaror i detaljprojektering jämfört medanbud kan leda till olika resultat, eftersom noggrannheten (detaljeringsgraden) kan vara olika"					
"Självklart har moderna beräkningsmedel, rätt använda, stor betydelse för överensstämmelsen mellan anbuds-mängder och slutliga mängder."					
Fokusering					
Lägs det mer tid och kraft på någon bygnadsdel vid projektering och i så fall vilken? (Pålar, Underbyggnad, Overbyggnad)					
Kommentar:	"Vanlig prioritering överbyggnad-pålar-underbyggnad" "Pålning-OB" "Vid framtagande av förfrågningsunderlag läggs nog minst tid på pålar eftersom detta är svårast och dessutom alltid visas endast principiellt. BTG tjocklekar för UB och ÖB visas ju på förslagsritning och bör stämma något så när. Man brukar kunna jämföra med referensprojekt"				
"Varierar mellan olika projekt beroende på svårighetsgraden"					
"Överbyggnad. Pålar om risk för att dragkapaciteten överskrids"					
"Ofta ger 'rätt' lösning i underbyggnaden och grundläggningen större effekt på mängderna. Dock, ibland viktigt att välja rätt lagertyp (FL,RL) på stöden"					
Övriga kommentarer:	"Mycket svårt att svara på frågorna eftersom det kan finnas många orsaker till att inte anbudsmängder stämmer och många olika fall om mängdökningar påverkar andra mängder eller inte"				
"Övriga viktiga frågor för att ett bra anbud (mängder) skall lämnas: -Används rätt handlingar (förslagsritning)					
Utred sidoalternativ! Våga pröva nya lösningar! Samarbeta konstruktör och kalkylator vilka alternativ som är intressanta"					

12.7.2 Produktion

PRODUKTION

Under produktionen uppstår situationer, som inte togs i beaktande under projekteringen. På grund av diverse faktorer tar en del arbetsmoment längre/kortare tid än beräknat och detta leder i slutändan till att den tänkta kalkylen inte stämmer överens med utgången för det färdiga projektet.

Vilken påverkan har nedanstående faktorer under byggproduktionen?

Bedöm från en skala mellan 1-4, där 1 har liten påverkan och 4 har stor påverkan.

Är det någon fråga som är oklar eller som du bedömer att du inte kan svara på, gå vidare till nästa.

	1	2	3	4	Medel
Erfarenhet (tid)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3,8
Hur stor påverkan har arbetarnas <u>erfarenhet</u> för den tänkta <u>utförandetiden</u> av div. arbetsmoment					
Kommentar:					
Erfarenhet (material)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2,8
Hur stor påverkan har arbetarnas <u>erfarenhet</u> för den tänkta <u>materialåtgången</u> av div. arbetsmoment					
Kommentar:					
Kompetens (tid)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3,8
Hur stor påverkan har arbetarnas <u>kompetens</u> för den tänkta <u>utförandetiden</u> av div. arbetsmoment					
Kommentar:					
Kompetens (material)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3,3
Hur stor påverkan har arbetarnas <u>kompetens</u> för den tänkta <u>materialåtgången</u> av div. arbetsmoment					
Kommentar:					
Utrustning (tid)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3,2
Hur stor påverkan har arbetarnas <u>utrustning</u> (verktyg, maskiner) för den tänkta <u>utförandetiden</u> av div. arbetsmoment					
Kommentar:	"Det påverkar mest arbetsmiljön"				
Utrustning (material)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2,2
Hur stor påverkan har arbetarnas <u>utrustning</u> (verktyg, maskiner) för den tänkta <u>materialåtgången</u> av div. arbetsmoment					
Kommentar:					
Väder (tid)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3,3
Hur stor påverkan har <u>vädret</u> för den tänkta <u>utförandetiden</u> för div. arbetsmoment					
Kommentar:	"Regn påverkar utförandetiden" "Framför allt snö har den största påverkan, kyla man kompensera med annat"				
Väder (material)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,5
Hur stor påverkan har <u>vädret</u> för den tänkta <u>materialåtgången</u> för div. arbetsmoment					
Kommentar:					

Motivation(tid)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	3,5
Hur stor påverkan har arbetarnas motivation för den tänkta utförandetiden av div. arbetsmoment		
Kommentar:	"Minst lika viktig som kunskap och kompetens"	
Leveranser(tid)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	3,5
Hur stor påverkan har materialleveranser för den tänkta färdigställandetiden av div. arbetsmoment (Förseningar)		
Kommentar:	"Materialet måste komma på utsatt tid" "Små eller mindre förseningar påverkar inte, men vissa kritiska material, typ brolager och spännarmering påverkar direkt sluttiden"	
Spill(tid)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	2
Hur stor påverkan har spill för den tänkta utförandetiden av div. arbetsmoment (Kompletterande mtrl-leveranser krävs)		
Kommentar:	"Görs en inventering i god tid tar en komplettering ingen tid"	
Svinn (tid)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	2,2
Hur stor påverkan har svinn för den tänkta utförandetiden av div. arbetsmoment		
Kommentar:		
Sjukdomar och skador (tid)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	3
Hur stor påverkan har sjukdomar och skador för den tänkta utförandetiden av div. arbetsmoment		
Kommentar:		
Optimering	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	3,5
Hur stor påverkan har en optimerad konstruktion på utförandetiden ? (Tar det betydligt längre tid att armera o.s.v.)		
Kommentar:	"Det brukar oftast bli krångligare att utföra en optimerad konstruktion" "T.ex. en optimerad armeringslösning kan direkt påverka sluttiden om den inte innan är kommunicerad med produktionen (svårbyggbar)"	
Enhetstider		
Anser du att det behövs en uppföljning av enhetstider eller råder det god kännedom om dem i dagsläget?		
	"Vissa moment bör ses över" "Det finns en god kännedom om enhetstiderna, men en uppföljning är alltid bra" "God kännedom" "Kunskapen är idag god rörande enhetstider, dock måste alla nya moment följas upp" "Yngre medarbetare behöver få mer kännedom om enhetstider. Alltså behövs uppföljning av bygget genom en erfarenhetsgenomgång efter varje projekt, kanske t.o.m. mitt under ett projekt om det pågår under en längre tid" "Det är alltid bra att ha en fungerande uppföljning. Kapaciteter, krav och arbetsmetoder ändras och enhetstiderna med dem"	
Övriga kommentarer:		

12.7.3 Korrelation

Samband mellan delar i ett projekt

Ett anläggningsprojekt består generellt sett av pålar, en underbyggnad (UB) och en överbyggnad (ÖB). UB och ÖB är i sin tur indelade i betong, armering och konstruktionsstål.

För att få en bättre förståelse för hur en bro/tunnels ingående delar påverkar varandra och för att göra det möjligt att ta fram en bra och rättvis simuleringsmodell i vårt ex-jobb är det av stor vikt för oss att få klarhet i dessa samband.

Förutsättningarna är att en konstruktionsutformning är vald. Korrelationen som efterfrågas här avser marginella avvikelser för den valda utformningen.

Hur ser sambanden för nedanstående delar ut, enligt din åsikt?

Bedöm från en skala mellan 0-100%, där 0% inte innebär någon korrelation och 100% innebär att de är fullt korrelerade. Ge gärna en kommentar för att förtydliga dina tankar. Är det någon fråga som är oklar eller som du bedömer att du inte kan svara på, gå vidare till nästa.

KONSTRUKTION

Materialmängder

	Resultat Enkät	Vald korrelation
Betong UB[m3]-Betong OB[m3] Hur starkt samband har en liten ökning av mängden betong i UB med en mängdförändring betong i OB? Kommentar:	20+10+50+0+10+50+5+0+0	0
Armering UB[ton]-Armering OB[ton] Hur starkt samband har en liten ökning av mängden armering i UB med en mängdförändring armering i OB? Kommentar:	0+0+0+50+10+0+0+20+20	0
Betong UB[m3]-Armering UB[ton] Hur starkt samband har en liten ökning av mängden betong i UB med en mängdförändring armering i UB? Kommentar:	80+90+100+0+50+60+0+50+10	0.25
Betong OB[m3]-Armering OB[ton] Hur starkt samband har en liten ökning av mängden betong i OB med en mängdförändring armering i OB? Kommentar:	10+50+0+60+50+0+100+90+80	0.25
Pålar [st]-Betong UB[m3] Hur starkt samband har en liten ökning av antalet pålar med en mängdförändring betong i UB? Kommentar:	10+20+10+100+40+50+75+80+25	0.25
Pålar [st]-Armering UB[ton] Hur starkt samband har en liten ökning av antalet pålar med en mängdförändring armering i UB? Kommentar:	20+80+0+50+70+75+15+20+10	0.25

PRODUKTION

Materialkostnader

Enhetstider

	Resultat enkät	Vald korrelation
Armering UB[tim/ton]-Armering OB[tim/ton] Hur starkt samband har en liten ökning av enhetstiden för armering i UB med en förändring av enhetstiden för armering i OB? Kommentar:	0+0+100+0+0+50	0.25
Betong UB[tim/m3]-Betong OB[tim/m3] Hur starkt samband har en liten ökning av enhetstiden för betong i UB med en förändring av enhetstiden för betong i OB? Kommentar:	0+0+30+0+0+50	0.25

Samband mellan ingående delar i ett projekt-Kommentarer

Ett anläggningsprojekt består generellt sett av pålar, en underbyggnad (UB) och en överbyggnad (ÖB). UB och ÖB är i sin tur indelade i betong, armering och konstruktionsstål.

För att få en bättre förståelse för hur en bro/tunnels ingående delar påverkar varandra o att göra det möjligt att ta fram en bra och rättvis simuleringsmodell i vårt ex-jobb är det av stor vikt för oss att få klarhet i dessa samband.

Förutsättningarna är att en konstruktionsutformning är vald. Korrelationen som efterfrågas här avser marginella avvikelser för den valda utformningen.

Hur ser sambanden för nedanstående delar ut, enligt din åsikt?

Bedöm från en skala mellan 0-100%, där 0% inte innebär någon korrelation och 100% innebär att de är fullt korrelerade. Ge gärna en kommentar för att förtydliga dina tankar. Är det någon fråga som är oklar eller som du bedömer att du inte kan svara på, gå vidare till nästa.

KONSTRUKTION

Materialmängder

	Litet samband (0%)	Stort samband (100%)
Betong UB[m3]-Betong OB[m3]		
Hur starkt samband har en liten ökning av mängden betong i UB med en mängdförändring betong i ÖB?	"Bro med pelare liten korr., rambro större korr."	"Om btg i ÖB ökar ger det ofta viss effekt även på UB"
Kommentar:	"Ökad egentynad i ÖB ger ökade mängder i UB betong och/eller armering"	"Ökad mängd i UB-> 0% tillskott i ÖB, ökad mängd i ÖB->0-10%"
Armering UB[ton]-Armering OB[ton]		
Hur starkt samband har en liten ökning av mängden armering i UB med en mängdförändring armering i ÖB?	"Bro med pelare liten korr., rambro större korr."	"Om arm. i ÖB ökar ger det försumbar viktökning - försumbart"
Kommentar:	"Sambandet är beroende av orsaker till ökad armering i ÖB"	
Betong UB[m3]-Armering UB[ton]		
Hur starkt samband har en liten ökning av mängden betong i UB med en mängdförändring armering i UB?	"Mer btg UB ger mer arm"	"Ökad betongmängd bör ge minskat armeringsinnehåll (kg/m ³), dock ej nödvändigtvis minskad armeringsmängd"
Kommentar:		
Betong OB[m3]-Armering OB[ton]		
Hur starkt samband har en liten ökning av mängden betong i ÖB med en mängdförändring armering i ÖB?	"Mer btg ÖB ger mer arm"	"Ökad armering i ÖB ger kapacitetsförhöjning, med möjlighet att minska betongdimensionen (mängden betong)"
Kommentar:		
Pålar [st]-Betong UB[m3]		
Hur starkt samband har en liten ökning av antalet pålar med en mängdförändring betong i UB?	"Beror på hur mycket btg det finns i UB jämfört med ÖB, liten andel - liten påverkan etc."	"Mer btg ger oftast effekt på pålbehovet"
Kommentar:	"Ökat antal pålar kan ge stor påverkan på bpls dim om inte utrymme finns för extra pålar"	"Ökad egentynad - fler pålar"
Pålar [st]-Armering UB[ton]		
Hur starkt samband har en liten ökning av antalet pålar med en mängdförändring armering i UB?	"Försumbart"	"Ökat antal pålar kan ge stor påverkan på bpls dim om inte utrymme finns för extra pålar"
Kommentar:	"Ökat antal pålar ger troligtvis ökad armering, dock ej självklart"	"Fler pålar->bättre lastspridning->mindre armering"

PRODUKTION

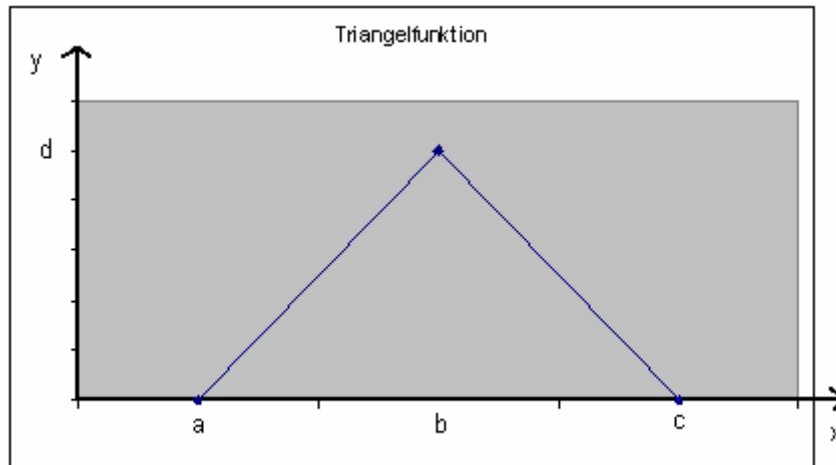
Materialkostnader

	Litet samband (0%)	Stort samband (100%)
Enhetstider		
Armering UB[tim/ton]-Armering OB[tim/ton]		
Hur starkt samband har en liten ökning av enhetstiden för armering i UB med en förändring av enhetstiden för armering i ÖB?		
Kommentar:		
Betong UB[tim/m3]-Betong OB[tim/m3]		
Hur starkt samband har en liten ökning av enhetstiden för betong i UB med en förändring av enhetstiden för betong i ÖB?		
Kommentar:		

12.7.4 Appendix 8 - Härledningar

För att kunna utnyttja de triangelfunktioner som det var avsett att göra har härledningar enligt kända matematiska definitioner.

Triangelns uppbyggnad:



$$a < x < b$$

$$y_1 = \frac{d}{b-a} \cdot (x-a)$$

$$b < x < c$$

$$y_2 = d - \frac{d}{c-b} (x-b)$$

Area:

$$\begin{aligned} A &= \int_a^c y dx = \int_a^b \frac{d}{b-a} (x-a) dx + \int_b^c d - \frac{d}{c-b} (x-b) dx = \\ &= \frac{d}{b-a} \left[\frac{x^2}{2} - ax \right]_a^b + d \left[x - \frac{1}{c-b} \left(\frac{x^2}{2} - bx \right) \right]_b^c = \\ &= \frac{d}{b-a} \left(\frac{b^2}{2} - ab - \left(\frac{a^2}{2} - a^2 \right) \right) + d \left(c - \frac{1}{c-b} \left(\frac{c^2}{2} - bc \right) - \left(b - \frac{1}{c-b} \left(\frac{b^2}{2} \right) \right) \right) = \\ &= \frac{d}{2(b-a)} (b-a)^2 + d \left(c - b - \frac{1}{2(c-b)} (c^2 - 2bc + b^2) \right) = \\ &= \frac{d}{2(b-a)} (b-a)^2 + cd - bd - \frac{d}{2(c-b)} (c-b)^2 = \\ &= \frac{bd}{2} + \frac{bd}{2} - bd + cd - \frac{cd}{2} - \frac{ad}{2} = \\ &= \frac{d(c-a)}{2} \end{aligned}$$

Tyngdpunkt:

$$\bar{x} = \frac{1}{A} \int_a^c y \cdot x \, dx$$

$$\int_a^c y \cdot x \, dx = \int_a^b \frac{d}{b-a} (x-a) \cdot x \, dx + \int_b^c \left(d - \frac{d}{c-b} (x-b) \right) x \, dx =$$

$$\frac{d}{b-a} \int_a^b x^2 - ax \, dx + d \int_b^c x - \frac{1}{c-b} (x^2 - bx) \, dx$$

$$\frac{d}{b-a} \left[\frac{x^3}{3} - \frac{ax^2}{2} \right]_a^b + d \left[\frac{x^2}{2} - \frac{1}{c-b} \left(\frac{x^3}{3} - \frac{bx^2}{2} \right) \right]_b^c =$$

$$\frac{d}{b-a} \left(\left(\frac{b^3}{3} - \frac{ab^2}{2} \right) - \left(\frac{a^3}{3} - \frac{a^3}{2} \right) \right) + d \left(\left(\frac{c^2}{2} - \frac{1}{c-b} \left(\frac{c^3}{3} - \frac{bc^2}{2} \right) \right) - \left(\frac{b^2}{2} - \frac{1}{c-b} \left(\frac{b^3}{3} - \frac{b^2}{2} \right) \right) \right) =$$

$$\frac{d}{b-a} \left(\frac{b^3}{3} - \frac{ab^2}{2} - \frac{a^3}{3} + \frac{a^3}{2} \right) + d \left(\frac{c^2}{2} - \frac{b^2}{2} - \frac{1}{c-b} \left(\frac{c^3}{3} - \frac{bc^2}{2} - \frac{b^3}{3} + \frac{b^3}{2} \right) \right) =$$

$$\frac{d}{b-a} \left(\frac{1}{3} (b^3 - a^3) - \frac{a}{2} (b^2 - a^2) \right) + d \left(\frac{1}{2} (c^2 - b^2) - \frac{1}{c-b} \left(\frac{(-b)}{2} (c^2 - b^2) + \frac{1}{3} (c^3 - b^3) \right) \right) =$$

$$\frac{d}{b-a} \left(\frac{1}{3} (b-a)(b^2 + ab + a^2) - \frac{a}{2} (b-a)(b+a) \right) +$$

$$d \left(\frac{1}{2} (c^2 - b^2) - \frac{1}{c-b} \left(\frac{(-b)}{2} (c-b)(c+b) + \frac{1}{3} (c-b)(c^2 + bc + b^2) \right) \right) =$$

$$d \left(\frac{1}{3} (b^2 + ab + a^2) - \frac{a}{2} (b+a) \right) + d \left(\frac{1}{2} (c^2 - b^2) - \left(\frac{(-b)}{2} (c+b) + \frac{1}{3} (c^2 + bc + b^2) \right) \right) =$$

$$d \left(\frac{b^2}{3} + \frac{ab}{3} + \frac{a^2}{3} - \frac{ab}{2} - \frac{a^2}{2} \right) + d \left(\frac{c^2}{2} - \frac{b^2}{2} + \frac{bc}{2} + \frac{b^2}{2} - \frac{c^2}{3} - \frac{bc}{3} - \frac{b^2}{3} \right) =$$

$$d \left(\frac{b^2}{3} - \frac{ab}{6} - \frac{a^2}{6} + \frac{c^2}{2} - \frac{b^2}{2} + \frac{bc}{2} + \frac{b^2}{2} - \frac{c^2}{3} - \frac{bc}{3} - \frac{b^2}{3} \right) =$$

$$d \left(\frac{c^2}{6} - \frac{a^2}{6} - \frac{ab}{6} + \frac{bc}{6} \right) =$$

$$d \frac{(c-a)(a+b+c)}{6}$$

$$\bar{x} = \frac{1}{A} \cdot \frac{d(c-a)(a+b+c)}{6} = \frac{2}{d(c-a)} \cdot \frac{d(c-a)(a+b+c)}{6} \Rightarrow$$

$$\bar{x} = \frac{a+b+c}{3}$$

Varians:

$$\begin{aligned}
 \sigma^2 &= \frac{1}{A} \int_a^c (x - \bar{x})^2 \cdot y \, dx = \frac{1}{A} \int_a^c (x^2 - 2x\bar{x} + \bar{x}^2) \cdot y \, dx = \\
 &= \frac{1}{A} \int_a^c x^2 y \, dx + \underbrace{\frac{\bar{x}^2}{A} \int_a^c y \, dx}_{\bar{x}^2} - \underbrace{\frac{2\bar{x}}{A} \int_a^c xy \, dx}_{2\bar{x}^2} = \\
 &= \frac{1}{A} \int_a^c x^2 y \, dx - \bar{x}^2 \\
 \int_a^c x^2 y \, dx &= \int_a^b x^2 \frac{d}{b-a} (x-a) \, dx + \int_b^c x^2 \left(d - \frac{d}{c-b} (x-b) \right) \, dx = \\
 &= \frac{d}{b-a} \int_a^b x^3 - ax^2 \, dx + \int_b^c dx^2 \, dx - \frac{d}{c-b} \int_b^c x^3 - bx^2 \, dx = \\
 &= \frac{d}{b-a} \left[\frac{x^4}{4} - \frac{ax^3}{3} \right]_a^b + d \left[\frac{x^3}{3} \right]_b^c - \frac{d}{c-b} \left[\frac{x^4}{4} - \frac{bx^3}{3} \right]_b^c = \\
 &= \frac{d}{b-a} \left(\left(\frac{b^4}{4} - \frac{ab^3}{3} \right) - \left(\frac{a^4}{4} - \frac{a^4}{3} \right) \right) + d \left(\frac{c^3}{3} - \frac{b^3}{3} \right) - \frac{d}{c-b} \left(\left(\frac{c^4}{4} - \frac{bc^3}{3} \right) - \left(\frac{b^4}{4} - \frac{b^3}{4} \right) \right) = \\
 &= \frac{d}{b-a} \left(\frac{b^4 - a^4}{4} - \frac{ab^3 - a^4}{3} \right) + d \frac{c^3 - b^3}{3} - \frac{d}{c-b} \left(\frac{c^4 - b^4}{4} - \frac{bc^3 - b^4}{3} \right) = \\
 &= \frac{d}{b-a} \left(\frac{(b-a)(b+a)(b^2 + a^2)}{4} - \frac{a(b-a)(b^2 + a^2 + ab)}{3} \right) + \\
 &= d \frac{c^3 - b^3}{3} - \frac{d}{c-b} \left(\frac{(c-b)(c+b)(c^2 + b^2)}{4} - \frac{b(c-b)(c^2 + b^2 + bc)}{3} \right) = \\
 &= d \left(\frac{(b+a)(b^2 + a^2)}{4} - \frac{a(b^2 + a^2 + ab)}{3} \right) + d \frac{c^3 - b^3}{3} - d \left(\frac{(c+b)(c^2 + b^2)}{4} - \frac{b(c^2 + b^2 + bc)}{3} \right) = \\
 &= d \left(\frac{b^3}{4} + \frac{a^2 b}{4} + \frac{ab^2}{4} + \frac{a^3}{4} - \frac{ab^2}{3} - \frac{a^3}{3} - \frac{a^2 b}{3} + \frac{c^3}{3} - \frac{b^3}{3} - \frac{c^3}{4} - \frac{b^2 c}{4} - \frac{bc^2}{4} - \frac{b^3}{4} + \frac{bc^2}{3} \right) = \\
 &= \frac{d}{12} (-a^3 + c^3 - a^2 b - ab^2 + b^2 c + bc^2) = \\
 &= \frac{d}{12} (c-a)(a^2 + b^2 + c^2 + ab + ac + bc) = \\
 \frac{1}{A} \int_a^c x^2 y \, dx &= \frac{2}{d(c-a)} \cdot \frac{d}{12} (c-a)(a^2 + b^2 + c^2 + ab + ac + bc) = \\
 &= \frac{1}{6} (a^2 + b^2 + c^2 + ab + ac + bc) = \\
 \bar{x}^2 &= \left(\frac{1}{3} (a+b+c) \right)^2 = \frac{1}{9} (a^2 + b^2 + c^2 + 2ab + 2ac + 2bc) \Rightarrow \\
 \sigma^2 &= \frac{3}{18} (a^2 + b^2 + c^2 + ab + ac + bc) - \frac{2}{18} (a^2 + b^2 + c^2 + 2ab + 2ac + 2bc) = \\
 &= \frac{1}{18} (a^2 + b^2 + c^2 - ab - ac - bc)
 \end{aligned}$$

12.8 Appendix 9 – Övre - Undre gräns

För att få fram mellan vilka gränser som modellens triangelfunktioner ska gälla har en härledning av variansen gjorts.

Variansen är definierad som:

$$\sigma^2 = \frac{1}{18}(a^2 + b^2 + c^2 - ab - ac - bc), \text{ se Appendix 8}$$

och tyngdpunkten för en triangel:

$$\bar{x} = \frac{a + b + c}{3} ;$$

Detta ger att:

Undre gränsen $\mathbf{a = 3\bar{x} - b - c}$ och

Övre gränsen $\mathbf{c = 3\bar{x} - a - b}$; se även kap 7.4

Då standardavvikelse och $\mathbf{b = troligt värde = 1}$ och $\mathbf{tyngdpunkten = \bar{x}}$ är det möjligt att passningsräkna fram vilka övre resp. undre gränser som ska gälla då medelvärdet är framräknat.

För resultat av gränserna följer nedan:

Palar-Oviktat		σ^2	lter.	ovre grans	1,11188
Xmedel	0,77156	0,040958	0,040962		
undre grans	0,2028				
Palar-Viktat		σ^2	lter.	ovre grans	1,08176
Xmedel	0,76342	0,038771	0,03877		
undre grans	0,2085				
UB Betong-Oviktat		σ^2	lter.	ovre grans	1,26867
Xmedel	0,88859	0,033203	0,033197		
undre grans	0,3971				
UB Betong-Viktat		σ^2	lter.	ovre grans	1,059859
Xmedel	0,855553	0,015353	0,015353		
undre grans	0,5068				
UB Armering-Oviktat		σ^2	lter.	ovre grans	1,66761
Xmedel	0,93277	0,098985	0,098984		
undre grans	0,1307				
UB Armering-Viktat		σ^2	lter.	ovre grans	1,785479
Xmedel	0,95755	0,120402	0,120402		
undre grans	0,0872				
OB Betong-Oviktat		σ^2	lter.	ovre grans	1,10411
Xmedel	0,942689	0,006432	0,006432		
undre grans	0,723957				
OB Betong-Viktat		σ^2	lter.	ovre grans	1,11168
Xmedel	0,93372	0,007976	0,007976		
undre grans	0,68948				
OB Armering-Oviktat		σ^2	lter.	ovre grans	2,081613
Xmedel	1,029688	0,179366	0,179366		
undre grans	0,007451				
OB Armering-Viktat		σ^2	lter.	ovre grans	1,803735
Xmedel	0,951965	0,128122	0,128122		
undre grans	0,05216				

12.9 Appendix 10 - Diagram

Diagrammen som följer är en sammanställning av den undersökning som har legat till grund för rapporten och finns som stöd i Marand vid beslutsfattandet.

Förklaring:

XXX-Oviktat: Visar indata som kvot

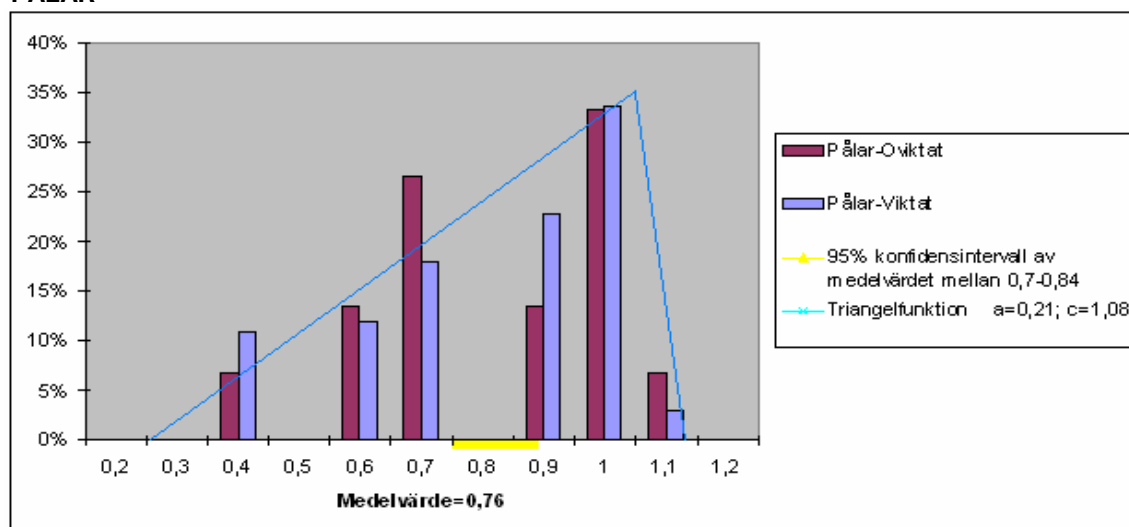
XXX-Viktat: Visar indata som viktats efter mängdernas storlek

95% konfidensintervall: Visar mellan vilka gränser som medelvärdet med 95% säkerhet befinner sig.

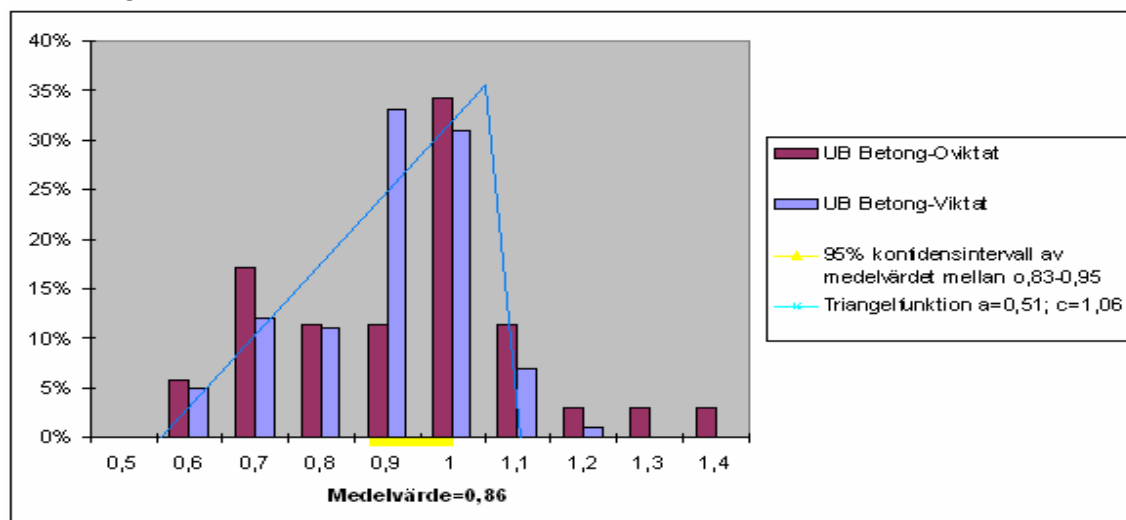
Triangelfunktion: Visar mellan vilka gränser som triangelfunktion ska gälla enligt härledningen av variansen.

Medelvärde: Visar vilket medelvärde som analysen har gett.

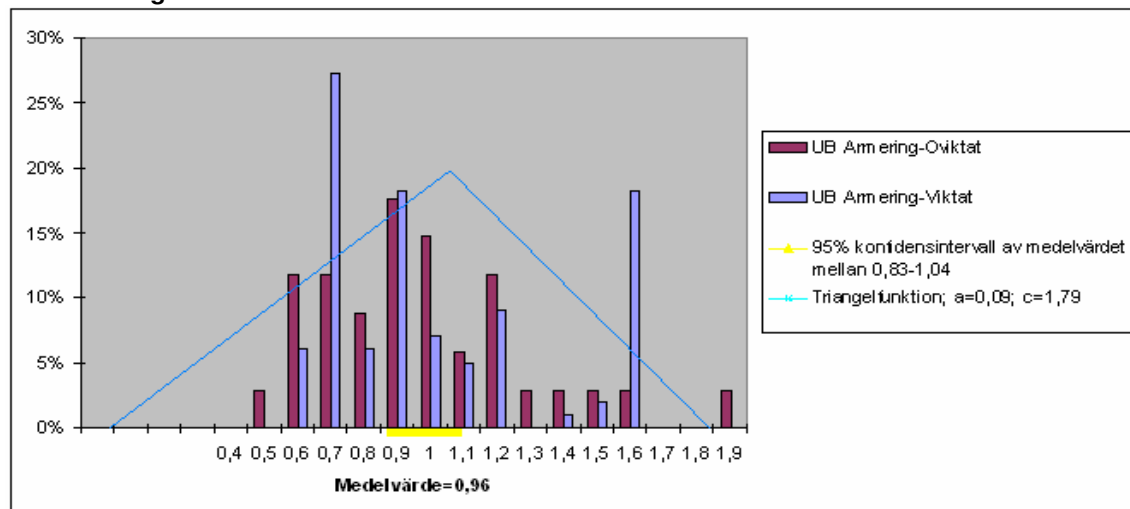
PÅLAR



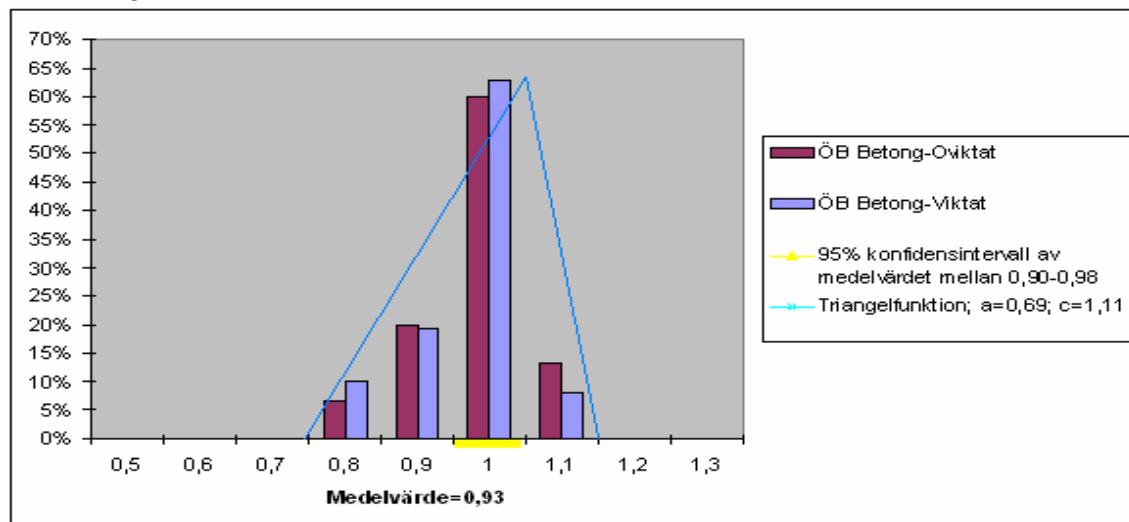
UB Betong



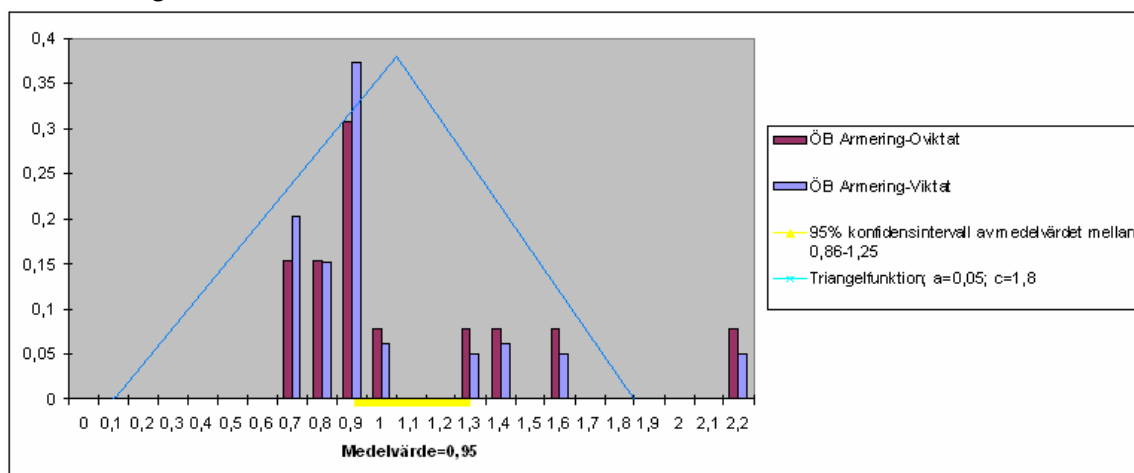
UB Armering



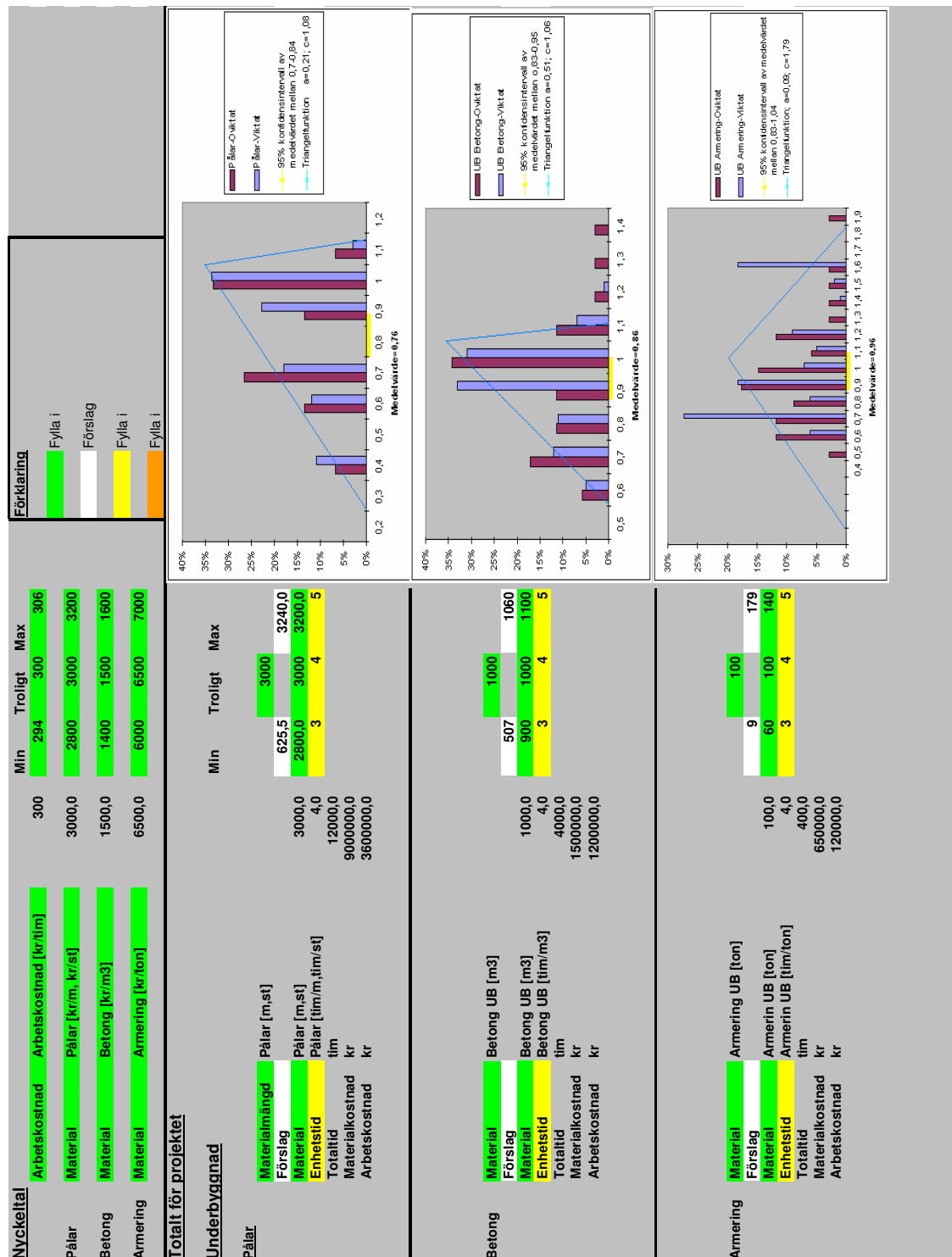
ÖB Betong



ÖB Armering

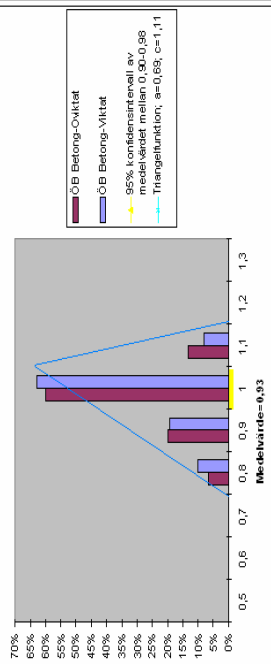


12.10 Appendix 11-Marand

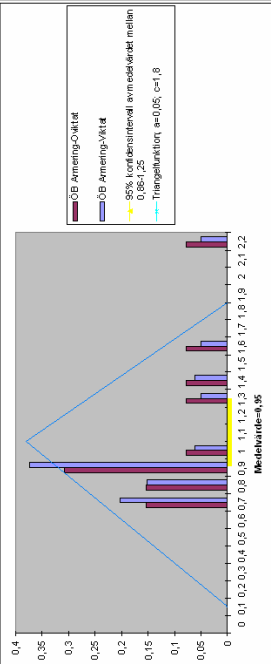


Överbyggnad

Betong	Material	Betong ÖB [m3]	1500	1665
	Forslag	Betong ÖB [m3]	1400	1600
	Enhetstid	Betong ÖB [tim/m3]	3	4
	Totaltid	tim	12	16
	Materialkostnad	kr	6000,0	6000,0
	Arbetskostnad	kr	2250000,0	1800000,0



Armering	Material	Armering ÖB [ton]	300	370,5
	Forslag	Armerin ÖB [ton]	250	350
	Enhetstid	Armerin ÖB [tim/ton]	3	4
	Totaltid	tim	9	12
	Materialkostnad	kr	1200,0	1950000,0
	Arbetskostnad	kr	360000,0	360000,0



Summa direkta kostnader		22430000,0	Min	Troligt	Max
Summa allmänna kostnader		5000,0	0	5000	10000
Justeringar		0,0	0	0	0
Kostnad APL		22435000,0			
Internleveranser		0,0			
CAK	7%	1570450,0			
CAK Internle	2%	0,0			
Självkostnad		24005450,0	Min	Troligt	Max
Inköp		8000000,0	6000000	8000000	10000000
Index		0,0	0	0	0
Risker		3333333,3	2000000	3000000	5000000
Möjligheter		-3333333,3	-5E+06	-3000000	-2000000
Summa Rom, köp, index		8000000,0			
Vinst	3,30%	1056179,9			
Försäkning		0,0			
FORSÄLNINGSPRIS		33061629,9			

12.11 Appendix 12-Användarmanual

Marands utformning bygger på hur en anbudssammanställning vanligtvis ser ut. I Marand ges möjlighet för användaren att själv bestämma vilka indata som bäst lämpar sig för ett visst specifikt projekt. Parametrarna arbetskostnad, materialkostnad, enhetstider och utförandetider kan på ett enkelt sätt förses med spridningar som bestäms av användaren. För parametern materialmängd ger Marand ett förslag, baserat på uppföljningar av genomförda projekt.

Steg 1

<u>Nyckeltal</u>			Min	Troligt	Max	
	Arbetskostnad	Arbetskostnad [kr/tim]	300	294	300	306
Pålar	Material	Pålar [kr/m, kr/st]	3000,0	2800	3000	3200
Betong	Material	Betong [kr/m3]	1500,0	1400	1500	1600
Armering	Material	Armering [kr/ton]	6500,0	6000	6500	7000

I ovanstående steg skall det fyllas i Min, Troligt och Maximalt värde för respektive post. Värdena grundas enbart på erfarenhet hos användaren. Om det bedöms att det inte föreligger någon variation kan samma värde för Min, Troligt och Max fyllas i. (För materialposten Pålar kan pris vara antingen kr/m eller kr/st)

Steg 2

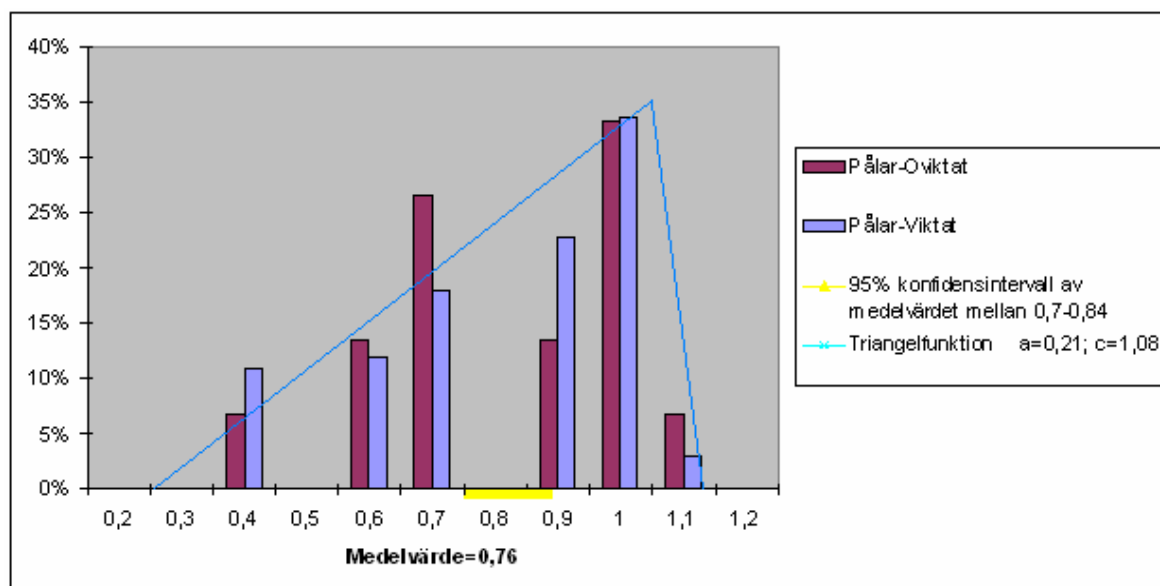
<u>Pålar</u>			Min	Troligt	Max	
	Materialmängd	Pålar [m,st]		3000		
	Förslag		625,5		3240,0	
	Material	Pålar [m,st]	3000,0	2800,0	3000	3200,0
	Enhetstid	Pålar [tim/m,tim/st]	4,0	3	4	5
	Totaltid	tim	12000,0			
	Materialkostnad	kr	9000000,0			
	Arbetskostnad	kr	3600000,0			

Beroende på hur Pålar har definierats (kr/m eller kr/st), fylls det i rutan för Materialmängd i hur många Pålar i [m,st] som har uppskattats. Därefter ger Marand i rutan för Förslag, just ett förslag på Minimalt respektive Maximalt värde baserat på uppföljda projekt.

För nästa ruta, Material skall det bestämmas vilka gränser som ska råda för denna post och det är helt upp till användaren att bestämma gränserna, oavsett vad som angivits som Förslag. De Förslag som är angivna är baserade på indatas varians, transformerad till en triangelfunktion. Som hjälp vid beslutsfattandet av vilka gränser som ska gälla finns ett histogram, där de uppföljda projekten är visualiserade.

Staplar för både oviktade och viktade värden finns illustrerade. Histogrammets x-axel utgörs av kvoten mellan materialmängden i slutlig produkt och mängden i anbudet. Dessutom visas de gränser som beräknats för den triangelfunktion vilken ligger till

grund för Min och Max-värden i Förslag. I detta fall är gränserna $a=0,21$ och $c=1,08$ som sedan multipliceras med materialmängden. Vidare är ett 95% konfidensintervall från genomförd Bootstrap visualiserad och visar att medelvärdet av materialmängden med 95% säkerhet ligger inom intervallet.



Samma procedur som gjordes för Pålar görs även för **UB Betong**, **UB Armering**, **ÖB Betong** och **ÖB Armering**.

Steg 3

Summa direkta kostnader	22430000,0	Min	Troligt	Max
Summa allmänna kostnader	5000,0	0	5000	10000
Justeringar	0,0	0	0	0
Kostnad APL	22435000,0			

Marand summerar de direkta kostnaderna för de ovanstående material- och arbetskostnaderna. Vid rutan för Summa allmänna kostnader ska det uppskattas Min-, Troligt- och Maximalt-värde. Finns det dessutom några justeringar som görs, skall även dessa fyllas i. Resultatet blir Kostnad APL.

Steg 4

Internleveranser		0,0
CAK	7%	1570450,0
CAK internele	2%	0,0
Självkostnad		24005450,0

Om det förekommer några Internleveranser skall dessa fyllas i. Centrala administrativa kostnader adderas till tidigare kostnader och en Självkostnad för projektet ges.

Steg 5

Inköp	8000000,0	6000000	8000000	10000000
Index	0,0	0	0	0
Risker	3333333,3	2000000	3000000	5000000
Möjligheter	-3333333,3	-5E+06	-3000000	-2000000
Summa RoM, köp, index	8000000,0			

För ovanstående uppskattas de Risker och Möjligheter som finns för projektet. För de ovanstående posterna ska Min-, Trolig- och Max-kostnad uppskattas. Summan av dessa blir en total Summa RoM, köp och index.

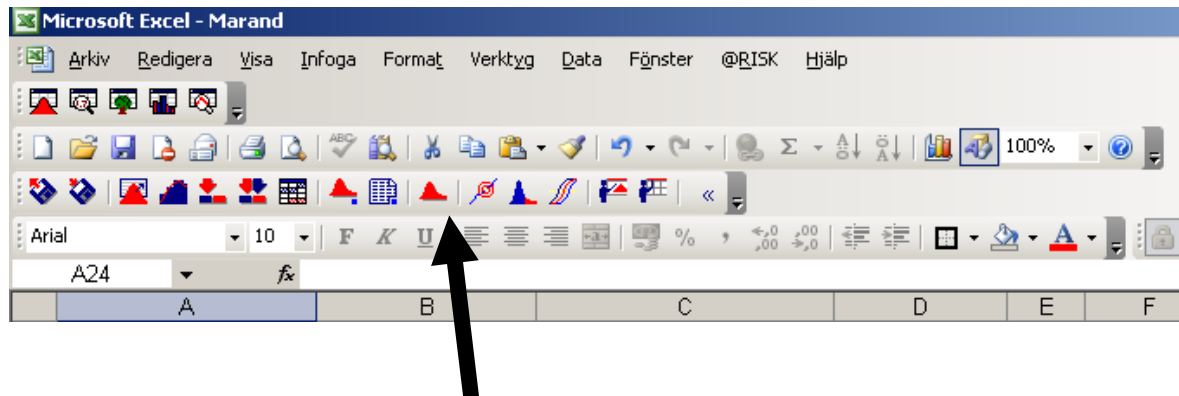
Steg 6

Vinst	3,30%	1056179,9
Försäkring		0,0
FÖRSÄLJNINGSPRIS		33061629,9

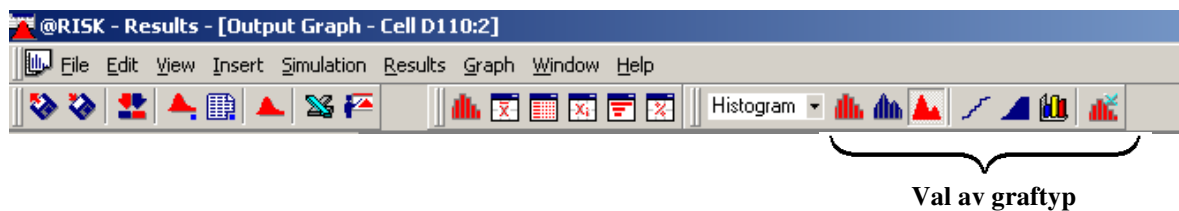
En vinst beräknas på summan av Självkostnad och Summa RoM, köp och index. Bedöms en försäkring vara aktuell fyll den i. Resultatet av Steg 1-Steg 6 blir således ett **Försäljningspris** för projektet.

Steg 7

För att kunna utnyttja de stora fördelarna som programmet har, ska efter inmatning av indata en körning av programmet göras.

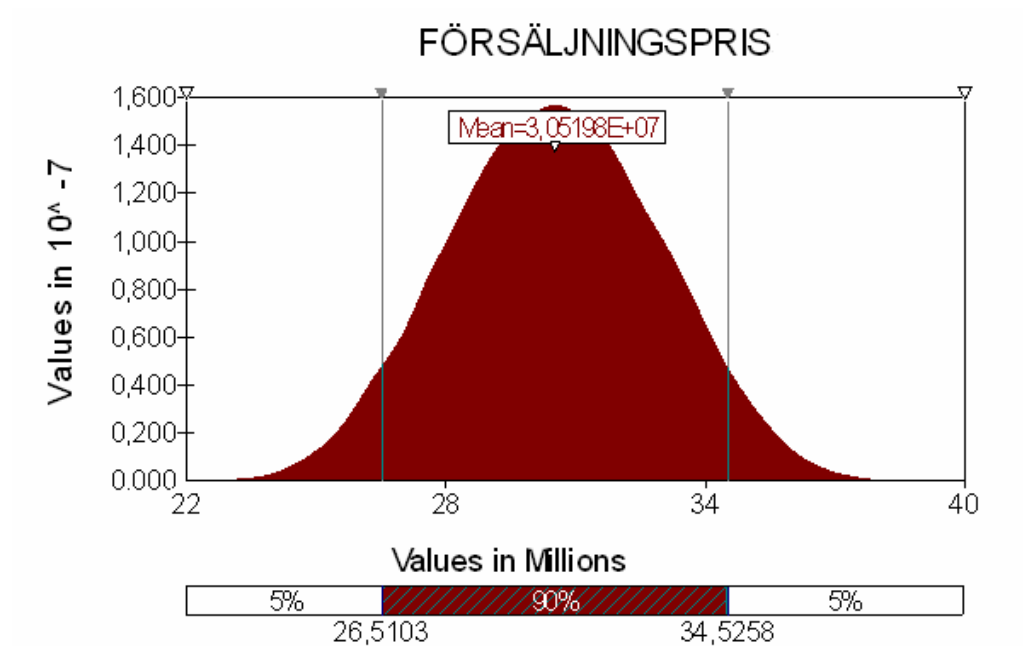


Genom att trycka på den knapp som pilen pekar på gör programmet @RISK en simulering av modellen. När simulering har körts öppnas ett nytt fönster, @RISK-Results.



Genom att trycka Graph-Graph Type på menyraden eller en av de markerade snabbknapparna, kan valfri graftyp väljas och **Försäljningsprisets** totala spridning fås.

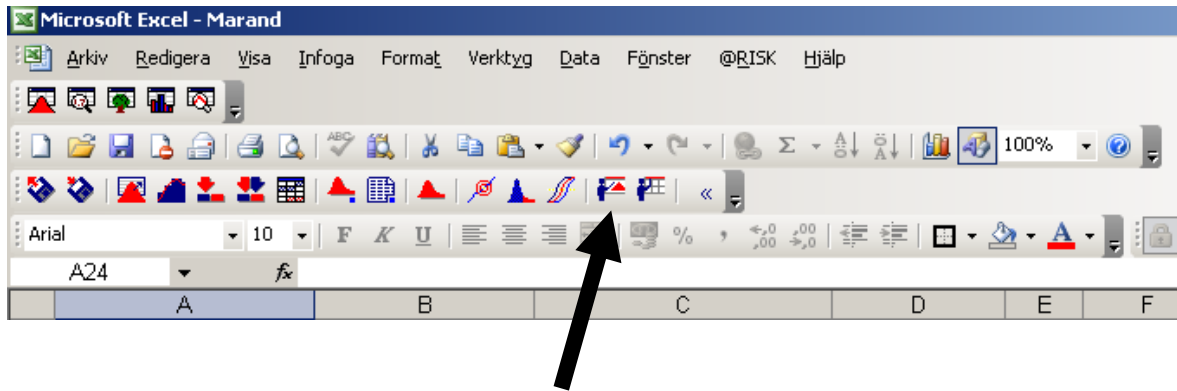
Exempel på utseende för FÖRSÄLJNINGSPRISETS spridning.



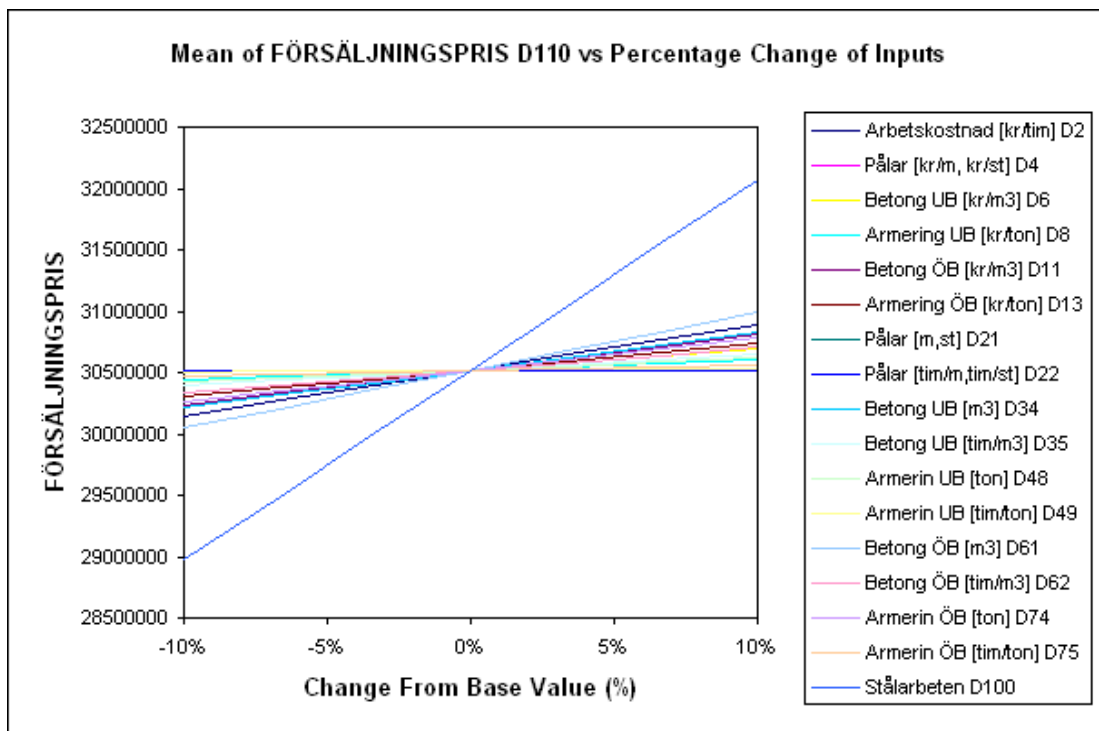
Konfidensintervallet syns nedanför frekvensfunktionen och är justerbar så att valfritt konfidensintervall kan erhållas, i detta fall 90%.

Steg 8.

För att ta reda på vilka indata i modellen som är mest känsliga för förändringar och vilka som påverkar **Försäljningspriset** mest, kan en känslighetsanalys göras.



Genom att klicka på knappen ovan och definiera vilka indata som skall vara med i analysen, samt att definiera vilken utdata som önskas, kan ett resultat av känslighetsanalysen se ut enligt nedan.



I detta fall är Stålarbeten den parameter som är känsligast för förändring.